A. Barot

LEÇONS DE CHOSES

Classe de Septième



LEÇONS DE CHOSES

(CLASSE DE SEPTIÈME)

20-04. — Coulommiers. Imp. Paul BRODARD. — 6-04.

LEÇONS DE CHOSES

RÉDIGÉES

Conformément aux derniers programmes

POUR LA

CLASSE DE SEPTIÈME DES LYCÉES ET COLLÈGES

PAR

A. BAROT

Professeur au lycée Montaigne.

Vol. 2.

AVEC 197 GRAVURES DANS LE TEXTE

PARIS

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1904

LEÇONS DE CHOSES

(Programme du 31 mai 1902)

1° Matériaux employés dans la construction; leur provenance, leurs usages.

Pierre de taille, meulière, sable, mortier, plâtre; marbre, briques, poteries, ardoise, grès, granit.

2° L'air.

Les vents.

3° L'eau.

Les trois états de l'eau.

Idée générale de la circulation de l'eau : Évaporation, nuages, pluie, neige, glaciers, cours d'eau, lacs.

Les sources : Infiltration, sources, puits, eaux potables, cavernes, sources minérales.

Les fleuves : Terrains perméables et imperméables, leur influence sur le régime des cours d'eau; effets du déboisement des montagnes; torrents (l'Ubaye, par exemple); comparer le Rhône et la Seine.

Alluvions, barres, estuaires, deltas.

La mer : Terrains détruits ou formés par la mer; falaises, galets, dunes.

4° Les terrains.

Volcans : Éruptions, tremblements de terre; volcans éteints de l'Auvergne.

Terrains sédimentaires : Fossiles.

L'enseignement sera complété par des excursions que dirigera le professeur lui-même.

LEÇONS DE CHOSES

CLASSE DE SEPTIÈME

PREMIÈRE PARTIE

MATÉRIAUX EMPLOYÉS DANS LA CONSTRUCTION

LEUR PROVENANCE. — LEURS USAGES

Première leçon.

L'HABITATION ET LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. CALCAIRES

Les habitations d'autrefois et celles d'aujourd'hui.

1. — Autrefois, les hommes habitaient des *grottes* ou *cavernes*, creusées le plus souvent sur les bords des cours d'eau.

Aujourd'hui, il n'en est plus ainsi : c'est à qui bâtira ou fera bâtir la plus belle maison.

Ne nous plaignons pas de cela. Nous sommes assurément mieux partagés que si nous devions habiter une grotte sombre, humide et froide.

Mais il faut des *matériaux* pour construire une maison :

c'est ce qu'on appelle des *matériaux de construction*, dont les principaux sont : les *pierres*, les *briques*, le *bois*, le *fer*, la *chaux*, le *plâtre*, les *tuiles*, les *ardoises*, etc.

Les pierres. Pierres calcaires. Pierres siliceuses.

2. — Les pierres ne se ressemblent pas toutes. On peut les diviser en plusieurs groupes ; mais il y en a deux catégories faciles à distinguer l'une de l'autre.

Ainsi, prenons un morceau de *craie* et un *caillou*. Versons une goutte de bon vinaigre sur la craie. On dirait que le vinaigre bout (fig. 1). Il se produit un *bouillonnement* : cela s'appelle *faire effervescence*.



Fig. 1. — Morceau de craie avec bulles pour montrer l'effervescence.

Versons maintenant du vinaigre sur l'autre pierre, sur le caillou. Il ne se produit pas d'effervescence.

Alors ces deux pierres sont différentes l'une de l'autre.

Maintenant, essayons de *rayer* la craie avec une pointe d'acier, la pointe d'un couteau, par exemple. Nous le pouvons.

Essayons de rayer aussi le caillou. C'est impossible.

Brisons à présent le caillou avec un marteau. Il présente une *cassure luisante*, offrant des surfaces courbes ou arrondies. Des deux parties correspondantes sur les deux morceaux, l'une est *concave* ou creuse, l'autre est *convexe* ou bombée.

De plus, les éclats sont transparents sur les bords qui coupent comme un rasoir et peuvent *rayer* le verre.

Quant à la craie, on la casse avec les doigts, sa *cassure est mate*, c'est-à-dire non brillante, irrégulière, informe, et les bords des éclats ne sont ni tranchants, ni transparents.

La pierre qui fait effervescence avec le vinaigre et qui peut être rayée avec la pointe du couteau est CALCAIRE, *l'autre est* SILICEUSE.

Presque toutes les pierres se rangent dans l'une ou l'autre de ces deux catégories. Ainsi, la *craie* avec laquelle nous écrivons sur le tableau, la *pierre blanche* à bâtir, le *marbre*, sont des *pierres calcaires*; et le *silex* ou pierre à fusil, le *quartz*, l'*agate*, le *jaspe*, sont des *pierres siliceuses*.

La craie fait effervescence avec le vinaigre et la chose est bien visible; mais avec certains calcaires durs, comme les marbres, par exemple, l'effervescence est insignifiante et à peu près invisible, quelle que soit la valeur, la force du vinaigre.

Mais on peut se servir d'autres acides qui agissent plus énergiquement. Le plus pratique est peut-être l'*esprit de sel*, ainsi nommé parce qu'il est fabriqué avec le *sel commun*. Il se trouve chez tous les marchands de couleurs et coûte peu. Il n'a qu'un défaut : celui de tacher; mais les taches qu'il produit sont enlevées avec l'*alcali volatil*.

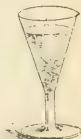


FIG. 2. — Eprouvette presque remplie de vinaigre avec un morceau de craie au fond. Les bulles sont produites par l'acide carbonique se dégageant de la craie.

Avec l'*esprit de sel*, on peut sans crainte de non réussite faire l'expérience sur le marbre ou tout autre calcaire. On fait un *mélange composé de trois quarts d'eau et d'un quart d'esprit de sel*.

Un morceau de marbre, de craie ou de tout autre calcaire mis dans un verre ou un tube en verre rempli de ce mélange, dégage de nombreuses bulles (fig. 2) qui montent à travers le liquide et vont *crever* à la surface en produisant un très léger pétillement : la pierre, formée d'*acide*

carbonique et de *chaux*, se décompose : l'acide se dégage en *bulles*, et la chaux reste au fond du vase.

Cette expérience réussit toujours avec de la craie mise dans du vinaigre.

Calcaire grossier. Calcaire oolithique.

3. — Si certaines pierres calcaires sont d'un grain fin et serré, et susceptible d'un beau poli, il en est d'autres dont le grain est grossier, peu serré, et ne pouvant pour ainsi dire pas se polir.



Fig. 3. — Calcaire tertiaire ou calcaire grossier pétri de coquilles fossiles (Cérithes, etc).

Parmi celles-ci on peut citer la pierre située sous le sol de Paris et dans tout le bassin parisien : aussi lui a-t-on donné le nom de *calcaire grossier* (fig. 3).

C'est une pierre d'une réelle valeur pour les constructions. Elle est facile à tailler, et certains bancs sont très résistants.

Sa couleur est d'un gris tirant sur le bleu ou d'un jaune sale.

Certains bancs renferment tant de coquilles fossiles, ou

plutôt leur moule interne, qu'ils semblent en être uniquement composés. C'est ce qui existe en effet parfois : la roche est presque exclusivement formée de coquilles et de la pâte qui les relie (fig. 4).

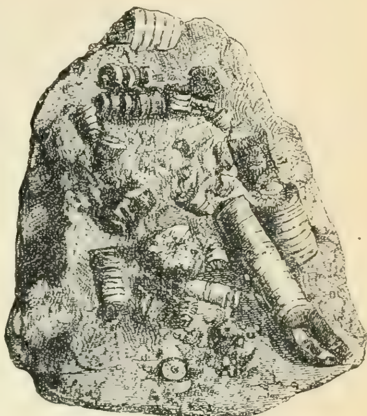


Fig. 4. — Calcaire grossier avec fossiles (tiges d'encrines).

D'autres calcaires propres aux constructions sont composés d'une masse de petits grains rappelant des œufs de poissons cimentés par une pâte calcaire : on les appelle *calcaires oolithiques*. Le Doubs, le Jura, l'Ain en renferment des quantités.

Les pierres gélives.

4. — Beaucoup de pierres calcaires ont un grand défaut pour les constructions. Parmi celles-ci se trouvent les pierres très *poreuses*, c'est-à-dire celles dont la masse est criblée de petites cavités.

L'eau pénètre dans les *pores*, et y gèle en hiver. Et comme l'eau augmente de volume en passant à l'état de glace, la force d'expansion qui en résulte produit une poussée dans toutes les directions à l'intérieur de la pierre, et la fait éclater ; cette pierre est dite *gélive*.

Si l'eau ne pénètre pas avant dans la pierre, cet effet ne se produit qu'à la surface, et la pierre s'écaille et tombe par fragments, par plaquettes. Mais le même phé-

nomène se produisant chaque année, à la longue, la pierre finit par être émiettée.

Quelques pierres gélives peuvent cependant sans trop d'inconvénients être utilisées dans les constructions.

On les extrait de la carrière au printemps. Elles passent l'été à l'air, se *ressuient*, perdent une partie de leur *eau de carrière*, et ne gèlent pas, ou gèlent difficilement.

La craie.

5. — La *craie* (fig. 1 et 5), l'une des variétés les plus communes du *calcaire*, ne constitue pas d'excellents matériaux de construction. Mais il y a plusieurs sortes de craies. Les unes peuvent être employées dans la construction des maisons sans cependant être des pierres de premier choix pour cet usage, car elles se salpêtrent (voy. page 31) abondamment.

La craie renferme de nombreuses coquilles de toutes tailles disséminées dans sa masse. Elle-même est com-

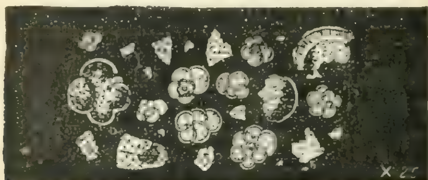


Fig. 5. — Elément d'un morceau de craie avec fossiles. Foraminifères (*Globigérines,...*) (gross. 25).

posée d'une infinité de petites coquilles, entières ou brisées (fig. 5) : la masse de craie est donc une pierre formée par les restes d'animaux détruits.

Il y a de la craie de différentes couleurs, mais la *blanche* est la plus commune.

La craie blanche sert à faire des *bâtonnets* ou *crayons* pour écrire sur le tableau noir. On débite à la scie les blocs les plus blancs et les plus purs, de manière à leur donner la forme voulue.

Cette matière est encore employée en peinture, dans les usages domestiques, sous les noms de *blanc d'Espagne*, *blanc de Troyes*, pour nettoyer l'argenterie, les vitres, etc.

Mais comme la craie renferme toujours des grains de sable, il faut alors la travailler, car le sable raye l'argenterie et les vitres, ainsi que le tableau noir.

Pour cela on la pile, et on la délaye dans l'eau, de manière à faire avec la poudre de craie une bouillie claire. Les grains de sable, plus lourds, tombent au fond du vase. On fait écouler le liquide laiteux dans un autre vase au fond duquel se dépose la craie, pendant que le sable reste au fond du premier. Ce dépôt séché est mis en pains pour être livré au commerce.

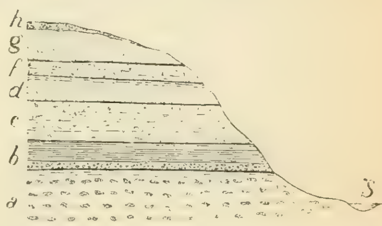


Fig. 6. — Coupe de la colline de Meudon, près de Paris. — S, la Seine; *a*, craie blanche à silex; *b*, conglomérat et argile plastique; *c*, calcaire grossier; *d*, sables de Beauchamp; *f*, gypse; *g*, sable de Fontainebleau; *h*, meulières.

La craie existe en bancs d'une épaisseur considérable sur plusieurs points du globe.

Dans certains pays elle constitue le sol tout entier, comme en Champagne.

La Manche est sans doute creusée dans un banc de craie, car des deux côtés, en France et en Angleterre, les falaises en sont composées.

La craie valut même à l'Angleterre le nom d'*Albion*, du latin *albus*, blanc.

A Meudon (fig. 6), aux portes de Paris, on en trouve

des bancs considérables exploités depuis fort longtemps.

Les caves à vins de Champagne, si célèbres dans la province de ce nom, sont pour la plupart creusées dans cette roche.

Une partie de la Touraine est aussi sur la craie.

QUESTIONNAIRE. — 1. Où habitaient les hommes autrefois? Que font-ils aujourd'hui? Qu'appelle-t-on matériaux de construction? Citez les principaux. — 2. En combien de catégories peut-on diviser les pierres communes? A quoi distingue-t-on les pierres calcaires des pierres siliceuses? Citez des exemples de pierres calcaires et de pierres siliceuses. Quelle expérience pourriez-vous faire avec l'esprit de sel? — 3. Qu'appelle-t-on calcaire grossier? calcaire oolithique? — 4. Qu'appelle-t-on pierres gelives? — 5. A quoi sert la craie? Comment fait-on le blanc d'Espagne? les batons de craie à écrire? Citez quelques gisements de craie.

Deuxième leçon.

MORTIER. CHAUX. CIMENT. PLATRE

Le mortier, la maçonnerie.

6. — En élevant les murs de nos maisons, les *maçons* ne se bornent pas à placer les pierres les unes sur les autres, car ils savent bien qu'un pareil travail ne serait pas durable : ils les joignent entre elles avec du *mortier*.

Pour faire le *mortier*, on dépose sur le sol un tas de sable, que l'on creuse au milieu pour y mettre de la *chaux*, sur laquelle on verse de l'eau. Une vapeur s'élève aussitôt comme d'une chaudière d'eau bouillante. La chaux augmente de volume, se fendille, puis finit par former une sorte de *bouillie blanche*.

Si l'on touchait à cette chaux pendant que la vapeur se produit, on se brûlerait

Pourtant il n'y a pas de feu, mais l'eau et la chaux produisent en se combinant une forte chaleur.

Avant de verser de l'eau dessus, on a de la *chaux vive*; après on a de la *chaux éteinte*. De temps en temps on jette de l'eau sur le tout en mélangeant peu à peu, avec une pelle à long manche, la *chaux*, le *sable* et l'*eau*. Ce mélange, bien remué, constitue le mortier, qui servira à joindre les pierres entre elles.

La chaux, le four à chaux.

7. — La *chaux* provient d'un calcaire dit *pierre à chaux*, que l'on fait cuire dans un four spécial appelé *four à chaux* (fig. 7).

Par l'action de la chaleur l'acide carbonique du calcaire disparaît, et il reste une matière blanche ou grise qui est la chaux.

Pour *charger* le four dont la partie inférieure forme cuvette, on place, sur des barres de fer préalablement disposées horizontalement au fond de la cuvette, les plus gros morceaux de pierre, sur lesquels on jette ensuite les petits, en ayant soin de mettre alternativement une couche de pierre et une couche de houille, jusqu'en haut du four.



Fig. 7. — Four à chaux.

Quand le four est rempli de la sorte, on allume le feu au-dessous de la *charge de pierre*, et la pierre cuit. Lorsqu'elle est cuite et assez refroidie, on fait tomber les barres sur lesquelles reposent les pierres, et l'on retire les morceaux de chaux par une ouverture ménagée au bas du four, en avant.

Le *four à chaux* est généralement construit dans l'*escarpement* d'une carrière, de manière que l'ouverture supérieure par laquelle on le charge, se trouve au niveau du sol, et l'ouverture inférieure par laquelle on le *décharge*, sur le bord d'un chemin ou sur une esplanade dans la carrière.

La chaux vive et la chaux éteinte.

8. — Quand on retire la chaux du four, on a de la *chaux vive*. Mais on ne l'emploie pas ainsi, il faut l'*éteindre*. Pour *éteindre* ou faire *mourir* la chaux, il

suffit de lui donner de l'eau ou simplement de l'humidité. C'est ce que font les maçons lorsqu'ils veulent faire du mortier, comme nous l'avons déjà vu.

Mettons de la chaux vive dans une assiette et versons-y de l'eau peu à peu.

Vous voyez qu'elle augmente de volume, fume et se fendille ; mettez la main dans cette vapeur et vous sentirez qu'il y fait chaud. Nous avons mis de la chaux vive dans l'assiette, et dans un instant il n'y aura plus que de la *chaux éteinte*, bonne à faire du mortier propre à relier les unes aux autres les pierres d'un édifice.

Chaux hydraulique. Ciment. Béton.

9. — Si l'on employait la *chaux ordinaire* ou *chaux vive* pour les mortiers utilisés dans les constructions sous l'eau ou dans des fondations établies dans un terrain par trop humide, le travail n'aurait aucune valeur.

On emploie dans ces circonstances une chaux particulière dite *chaux hydraulique*.

Celle-ci s'obtient en cuisant des calcaires contenant de l'argile. On a donc après la cuisson un mélange de chaux et d'argile, qui mélangé à l'eau dégage peu de chaleur, ne gonfle point, ou très peu.

Pour l'utiliser à faire du mortier, on la réduit en poudre, et on la mélange à l'eau et au sable. Ce mortier durcit là où l'autre se délayerait.

Pour donner une chaux hydraulique, la pierre calcaire doit renfermer au moins 10 pour 100 d'argile. Si elle en contient de 10 à 12 pour 100, le mortier durcit sous l'eau en vingt jours environ. Si elle en contient 30 pour 100, il durcit en deux ou trois jours.

Si elle renferme de 30 à 35 pour 100 d'argile, le mor-

tier durcit en quelques heures, et la chaux prend alors le nom de *ciment*.

Le ciment, comme le plâtre, durcit presque instantanément au contact de l'eau : aussi est-on obligé de le gâcher comme le plâtre, au moment de l'employer.

Certaines localités fournissent des calcaires argileux propres à faire le *ciment* : on en trouve à Vassy (Haute-Marne) et à Pouilly (Nièvre).

Mais on fabrique la chaux hydraulique et le ciment au degré que l'on veut, en cuisant ensemble de la craie et de l'argile dans les proportions voulues.

A Meudon, aux portes de Paris, on fait cela en mettant 4 parties de craie pour 1 partie d'argile *plastique*. Quand le tout est bien mélangé on moule cette pâte en briquettes que l'on fait cuire comme la pierre à chaux.

Aujourd'hui on emploie le ciment dans les constructions ordinaires. On le moule à la place où il doit rester. On peut mouler une maison tout entière. Pour cela, on dispose des planches et des madriers pour servir de moule. C'est ainsi que l'on construit des maisons entières en « *ciment armé* ».

On fait aussi des balustrades pour balcons, des dalles de trottoirs, et tout ce que l'on veut.

La forte chaux hydraulique et le ciment sont employés dans les constructions exposées à l'humidité : fondations des maisons pour caves ou autrement, piles de ponts, etc.

On les emploie pour revêtir l'intérieur des citernes pour les empêcher de perdre l'eau.

Moulé dans des caisses plates, on en fait des dalles et des carreaux qui, une fois durcis, résistent à l'eau.

Dans bien des circonstances, on mélange la chaux hydraulique et le ciment à des cailloux cassés ou à de gros graviers et à de l'eau pour former une roche artifi-

cielle nommée *béton*, et qui ne se laisse pas traverser par l'eau.

A Paris on établit un béton sous le pavage en bois.

On l'emploie même pour les murs de fondations dans les endroits humides ou susceptibles de recevoir de l'eau : on peut remplacer les cailloux par du *mâchefer*. On établit deux cloisons en planches, distantes l'une de l'autre de l'épaisseur du mur que l'on veut établir. On coule le mélange de chaux, de ciment, d'eau et de cailloux entre les deux cloisons que l'on enlève ensuite quand la masse est bien prise.

Le gypse, cuisson du gypse, le plâtre.

10. — Nous allons parler d'une pierre qui fait partie du groupe des calcaires, puisqu'elle renferme de la chaux, mais qui diffère sensiblement par certains caractères, du type calcaire.

Si l'on verse dessus une goutte de vinaigre, il ne se produit point d'effervescence.

Nous pouvons la rayer avec le couteau et même avec l'ongle.

Cette pierre, qui ne fait pas effervescence, comme le calcaire ordinaire, qui peut se rayer à l'ongle et au couteau, est le *gypse* ou *pierre à plâtre*, de laquelle on obtient une poussière blanche semblable à de la farine, appelée plâtre.

Pour obtenir le plâtre, il suffit de cuire le gypse, comme on cuit la pierre à chaux, mais en chauffant moins fort : une température de 115 à 120° suffit pour que le gypse perde son eau de cristallisation et donne le plâtre.

La pierre à plâtre se fait cuire dans un four comme la pierre à chaux, mais le gypse est quelquefois cuit de la manière suivante : On établit à côté les uns des autres

de tout petits *cabanons* en pierre à plâtre, à l'intérieur desquels on allume du feu avec du bois et du charbon, voire même de la tourbe. Et la pierre cuit ainsi sans trop de frais.

Le plâtre cuit est écrasé dans un moulin spécial et réduit en poussière. Il sert alors à enduire les plafonds et les murs de nos maisons ou bien encore à joindre les briques de nos cloisons, et à bien d'autres usages.

Comment on emploie le plâtre.

11. — Il y a du *gypse ordinaire*, qui ressemble au calcaire, puis du *gypse en cristaux* tel que celui-ci (fig. 9). Levons une lamelle de ce dernier et présentons-la à la flamme d'une lampe à alcool ou d'une bougie. Elle blanchit pendant qu'il s'élève dans l'air une légère vapeur : c'est l'eau de la pierre qui s'élève ainsi en vapeur.

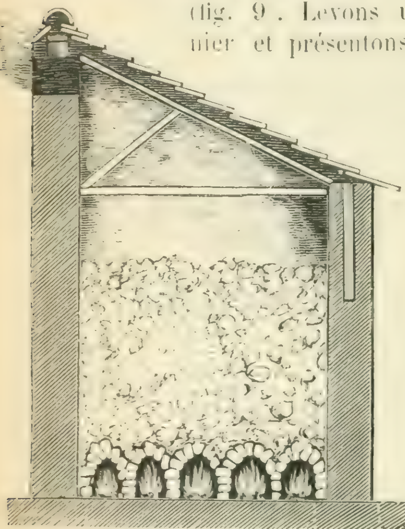


FIG. 8. — Four à plâtre.

La matière blanche qui nous reste est du *plâtre* que nous pouvons réduire en poussière.

Versons une certaine quantité de cette poussière blanche dans l'eau d'une soucoupe, et remuons bien le tout, nous obtiendrons une sorte de *pâte plastique*, de mortier qui durcit très vite et relie fortement. Mettons-en sur cette brique et posons dessus

une seconde brique qui, dans un instant, sera fortement collée à la première.

Ce que nous venons de faire là, en petit, les ouvriers le font en grand.

Délayer du plâtre dans l'eau, cela s'appelle *gâcher le plâtre*. Les ouvriers savent que ce mortier durcit très vite, et gâchent très peu de plâtre à la fois, car ils ne pourraient plus l'employer.

Le plâtre gâché dans les conditions voulues acquiert une grande dureté.

Ce mortier, qui sert à relier les briques des cloisons, les *colle* tellement fort, qu'on briserait plutôt les briques que de les séparer.

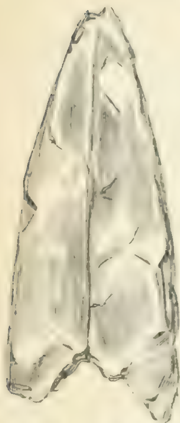
Essayons maintenant de séparer les deux que nous avons reliées l'une à l'autre. Il faudrait faire un certain effort pour y arriver. Nous avons donc bien réussi. Dans un instant, il nous serait impossible de les séparer. En terme de métier on dit que le plâtre *fait prise*.

De même que la chaux, le plâtre est employé en agriculture, comme amendement. Vers le mois d'avril, on le répand en poudre sur certaines plantes, comme le trèfle, la luzerne, le sainfoin, dont il active la végétation. Nous en parlerons plus tard.

Le plâtre sert aussi à faire des statues. On prend alors du plâtre fin provenant de certains gypses spéciaux.

Pour *mouler une statue*, on verse le plâtre tout gâché dans le moule; la pâte, presque liquide d'abord, se solidifie, augmente de volume et pénètre ainsi dans les moindres creux du moule : elle en reproduit donc tous les détails avec une très grande fidélité. On ouvre ensuite le moule pour en retirer la statue.

Différentes sortes de gypse.


FIG. 9. — Gypse en fer de lance.

12. — Le *gypse* ou *pierre à plâtre* existe sous divers aspects. Il y a :

1° Le *gypse saccharoïde* à cassure comparable à celle du sucre, ce qui lui a valu ce nom : c'est le plus commun ;

2° Le *gypse fibreux* ayant un peu l'aspect d'un morceau de bois.

3° Le *gypse en fer de lance* (fig. 9), formé de nombreuses lamelles transparentes superposées ;

4° L'*albâtre*, qui est une variété assez compacte pour subir le polissage, et qui sert à faire des objets d'ornement.

Principaux gisements de gypse.

13. — Le *gypse* est abondant dans le sol de Paris, surtout à la butte Montmartre, et dans les environs de la capitale, comme à Argenteuil, Montmorency, Villejuif, etc. ; puis en Lorraine, dans les Charentes, etc.

L'Autriche en possède aussi d'importants gisements.

Le stuc.

14. — Le *stuc*, corps dur et susceptible d'un beau poli, avec lequel on imite le marbre, s'obtient en *gâchant le plâtre avec une dissolution de colle forte dans l'eau.*

Pour représenter les veines du marbre veiné, on ajoute à ce mélange des poudres de diverses couleurs.

On ne peut polir cette pierre artificielle que lorsqu'elle est bien *dure* : alors on la recouvre d'une couche d'huile, et on la polit à la *pierre ponce*, *roche volcanique*, poreuse, légère, rude au toucher et qui sert à polir le bois, le marbre et autres pierres dures, etc.

De même que le plâtre, le *stuc* ne peut être utilisé qu'à l'intérieur des constructions. Il se détériorerait vite s'il était exposé aux intempéries.

Il est vrai qu'on emploie le plâtre à l'extérieur, mais il y est toujours de courte durée.

Questionnaire. — 6. A quoi sert le mortier? Avec quoi et comment le fait-on? — 7. D'où provient la chaux? Comment l'obtient-on? — 8. Qu'est-ce que la chaux? la chaux éteinte? — 9. Dites ce que vous savez de la chaux hydraulique, du ciment, du bitume. — 10. Quels sont les caractères de la pierre à plâtre? Comment obtient-on le plâtre? — 11. Qu'est-ce que gâcher le plâtre? Comment l'emploie-t-on? Qu'entendez-vous par : le plâtre fait prise? Quels sont les principaux usages du plâtre? — 12. Citez les principales sortes de plâtre. — 13. Quels gisements de plâtre connaissez-vous? — 14. Que savez-vous du stuc?

Troisième leçon.

CALCAIRES (suite)

Marbres. Pierre lithographique. Carrières.

15. — Chaque sorte de pierre calcaire a ses propriétés. C'est ainsi que le marbre, qui est un calcaire formé depuis très longtemps, est devenu *cristallin*. Son grain fin et serré lui donne une propriété que possèdent peu de calcaires : celle de prendre un beau *poli* et de présenter alors une surface brillante : aussi l'emploie-t-on comme pierre d'ornement.

Comme il est résistant, on peut le façonner en plaques ou tablettes minces.

On polit le marbre en le frottant avec des poudres formées de matières très dures, comme le grès, la pierre ponce, l'émeri, qui en usent peu à peu la surface.

Ce travail est long. Il faut d'abord scier les blocs si l'on veut les réduire en plaques; puis on les *frictionne* à plusieurs reprises en commençant par des poudres assez grosses et en finissant par une poudre d'une finesse extrême qui achève de donner le poli parfait désiré.

Tous les marbres sont loin de se ressembler, quant à la couleur et à la finesse.

Les plus beaux sont peut-être les *marbres blancs de Paros en Grèce et de Carrare en Italie*. Ils sont d'un blanc pur, et propres à faire de magnifiques statues, aussi les appelle-t-on *marbres statuaires*.

Leur structure ressemble à celle du sucre en pain.

parce qu'ils sont formés comme lui d'une masse de petits cristaux : ce qui les a fait appeler *marbres saccharoïdes*.

Mais la plus grande partie des marbres ne sont pas blancs, ni même d'une couleur uniforme. Sur un fond d'une certaine nuance se détachent presque toujours des veines d'une autre couleur ou simplement d'une teinte différente. Ils sont pénétrés de matières bitumineuses ou ferrugineuses, de coquilles qui influent plus ou moins sur leur couleur et leur aspect.

Dans le commerce, on donne aux marbres des noms différents suivant leur aspect et leur provenance.

Sortes de marbres. Leurs usages

16. — Les principales variétés de marbres sont :

1° Le *marbre blanc* ou *marbre statuaire* dont le plus beau nous vient de Grèce et d'Italie, et dont sont faites nos statues;

2° Le *marbre noir* de Sainte-Anne en Belgique;

3° Le *marbre griotte* de l'Aude, à fond brun parsemé de taches rouges;

4° Le *marbre rouge* des Pyrénées ou du Languedoc, avec de grandes marbrures blanches ou grises, qui a servi à faire les colonnes de l'Arc de triomphe du Carrousel à Paris et du Capitole de Toulouse.

5° Le *marbre jaune* de Sienne avec des veines plus foncées;

6° Le *marbre turquin* d'un gris bleuâtre veiné de blanc.

Les marbres servent à faire les cheminées dans les chambres, et des plaques pour le devant du foyer; des dessus de commodes, de guéridons, de tables de toilette, de lavabos de coiffeurs; des tables de café, des bas de

devantures de magasins, des seuils, des dalles, des carreaux pour pavage, des statues, etc.

La façade du nouvel opéra de Paris est remarquable par sa magnifique décoration en marbres de toute beauté.

Les marbres noirs veinés de blanc, si communs partout dans les maisons, se trouvent en Belgique aux environs de Namur, de Dinant et de Mons.

Pierre lithographique. Lithographie.

17. — Le calcaire dit *pierre lithographique* ne devrait point entrer dans notre programme s'il n'était pas en même temps une pierre de construction de premier ordre, et si les écoliers ne devaient pas savoir ce que c'est que l'art auquel il a donné lieu.

Mais comme la belle pierre lithographique est relativement rare, et que dans les constructions elle peut être remplacée par le marbre et les autres calcaires, on la réserve pour la *lithographie* qui est l'art de reproduire sur la pierre, de l'écriture, des figures, etc.

C'est un calcaire dur, compact, non cristallisé, d'un grain uniforme, d'une teinte gris jaunâtre, et susceptible d'un beau poli.

La lithographie n'est connue que depuis 1799.

Un Bavarois, nommé Senefelder, pauvre choriste du théâtre de Munich, en fit la découverte. Son introduction en France date de 1814.

On dessine sur la pierre bien plane et bien polie, au moyen d'un *crayon gras* spécial, l'écriture, la figure voulue. On lave ensuite la surface de la pierre avec une éponge imprégnée d'eau très faiblement acidulée.

La pierre est légèrement attaquée par l'acide, excepté aux endroits protégés par le *crayon gras*, imperméable à l'eau.

Le dessin se trouve donc être en relief sur la pierre.

On passe alors un rouleau chargé d'une encre spéciale qui s'attache aux traits de crayon, mais non aux parties attaquées par l'acide,

Il suffit ensuite d'appliquer sur la pierre une feuille de papier un peu humide, et de presser fortement pour qu'une partie de l'encre se décharge sur le papier, et donne ainsi une reproduction du dessin.

Mais il est facile de comprendre que l'épreuve ainsi obtenue est en sens inverse du dessin. Il faut donc que celui-ci soit fait à l'envers sur la pierre. On peut tirer ainsi quelques centaines d'épreuves.

Une pierre qui a servi n'est pas perdue pour cela. Le *tirage* terminé, si l'on ne veut pas conserver ce dessin pour en retirer plus tard des épreuves, on polit la pierre pour enlever les parties saillantes, et elle peut servir presque indéfiniment.

Si l'on veut tirer de l'écriture, une lettre de *faire part* par exemple, on écrit sur la pierre avec une encre spéciale en ayant soin de tracer les caractères à l'envers.

On peut même écrire, mais non à l'envers, avec une encre grasse sur un papier recouvert d'une couche de colle. On applique ensuite sur la pierre le papier légèrement humide, et l'on presse.

L'écriture laisse le papier et se retrouve décalquée sur la pierre, mais à l'envers : c'est l'autographie. On peut encore tirer un grand nombre d'épreuves.

Les meilleures pierres lithographiques viennent de Munich et de Pappenheim en Bavière. Mais on en trouve aussi de belles en France, à Châteauroux, dans l'Indre, et dans plusieurs autres localités.

Carrières de pierres. Leur exploitation.

18. — Qu'il s'agisse de la pierre à bâtir ordinaire ou d'une autre sorte de pierre, les procédés sont toujours à peu près les mêmes en ce qui concerne l'exploitation.

Et toutes les pierres sont utilisées d'une manière ou de l'autre. Les pierres dures qui ne peuvent trouver leur

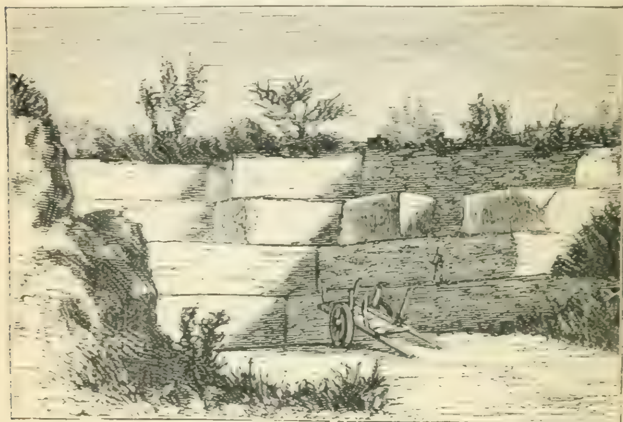


Fig. 10. — Carrière à ciel ouvert.

emploi dans les constructions servent à empierrer les routes aujourd'hui si communes partout.

Les endroits d'où l'on extrait les pierres se nomment *carrières* (fig. 10).

Quand le banc de pierre est situé à la surface du sol, le travail n'est pas très compliqué, s'il est d'une seule masse il suffit de le couper et d'en enlever les morceaux : s'il n'est pas ainsi, c'est encore plus facile.

S'il est immédiatement au-dessous de la couche de

terre végétale dans laquelle croissent les plantes, on enlève cette terre, que l'on transporte ailleurs, pour arriver au banc.

Mais souvent les bancs de bonnes pierres sont profondément enfouis sous des couches de mauvaises terres et de mauvaises pierres que l'on ne peut utiliser avec profit. Alors il faut déblayer toute cette masse de matériaux, ce qui parfois coûte fort cher. Mais souvent aussi ces couches renferment des matières dont on peut tirer profit.

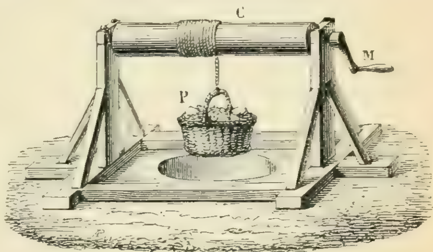


Fig. 11. — Treuil.

Enfin, dans d'autres endroits, la bonne pierre que l'on veut avoir est située si profondément dans le sol, qu'il serait trop coûteux d'enlever tout ce qui est au-dessus. Alors on creuse un large puits jusqu'à la profondeur voulue; et l'on exploite les bancs de pierre au moyen d'un travail souterrain.

En enlevant ces bancs, on creuse des galeries souterraines qui ont besoin de soutiens : aussi laisse-t-on de distance en distance des piliers de la roche pour soutenir le *plafond* ou *ciel* de la carrière. Quelquefois, on consolide à l'aide de grosses pièces de bois, de troncs d'arbres, par exemple (fig. 164-167).

Une plaine dans laquelle on se promène et où l'on fait de belles récoltes de céréales ou d'autres produits est parfois creuse en dessous.

Le sol sur lequel est bâti une partie de la ville de Paris est miné de cette façon : il repose sur d'anciennes

carrières desquelles sont sorties les pierres qui ont servi à construire les premières maisons de la Capitale. Ces carrières souterraines qui supportent Paris sont les *catacombes*, dans lesquelles on a déposé à la fin du XVIIIe siècle les ossements provenant des cimetières alors situés dans Paris, qui les avait englobés par suite de ses agrandissements successifs, cimetières aujourd'hui supprimés.

Ce mode d'exploitation est aussi pratiqué dans des endroits où l'on pourrait faire autrement mais où le terrain est très cher; car il permet de tirer parti à la fois des richesses souterraines et du sol en le cultivant.

Les matériaux extraits profondément sous terre sont montés à la surface du sol au moyen de *treuils* (fig. 11).

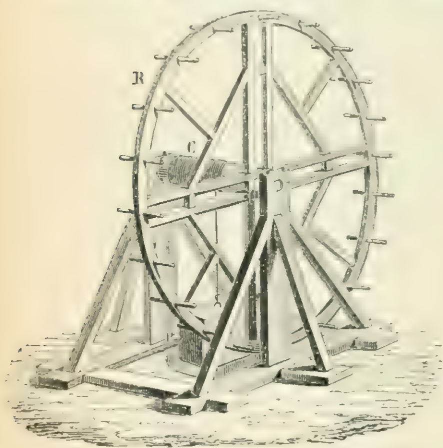


Fig. 12. — Roue avec chevilles ou treuil des carrières.

Comme au puits ordinaire qui donne de l'eau, une corde s'enroule sur un tambour ou sur un simple tour formé d'une partie d'un tronc d'arbre. A l'autre extrémité de la corde est fixé un grand seau, une *benne*, pour remonter les matériaux. Quand ce sont d'énormes blocs de pierre pesant des centaines et même des milliers de kilos, on les attache, à l'aide de paquets de cordes convenablement disposés.

Dans les environs immédiats de Paris, on voit dans les champs d'énormes roues (fig. 12) portant des chevilles sur tout leur pourtour : elles sont destinées à faciliter

l'ascension des pierres. Les ouvriers posant successivement les pieds sur les chevilles comme sur les barreaux d'une échelle, leur propre poids fait tourner la roue fixée au tour, qu'elle met en mouvement.

L'effet obtenu est d'autant plus considérable que le rayon de la roue est plus grand.

La fatigue des hommes n'est pas excessive, car ils agissent par leur propre poids.

Quand la carrière souterraine est située dans un endroit accidenté, on peut creuser une galerie en pente douce qui finit par arriver au jour, et l'on établit de petits chemins de fer actionnés par la vapeur, ou traînés par des chevaux.

On agit quelquefois ainsi dans une carrière à ciel ouvert, mais profonde, de même que dans une carrière qui, sans être profonde, occupe un très grand espace, car les voitures ou les tombereaux n'y circuleraient que difficilement dans un sol plus ou moins détrempé et délayé.

Questionnaire. — 15. Qu'est-ce que le marbre? Qu'est-ce qui lui donne sa valeur? Comment le polit-on? Que fait-on avec le marbre? Qu'est-ce que le marbre statuaire? — 16. Que savez-vous des principales sortes de marbres? Où les trouve-t-on? — 17. Qu'appelle-t-on pierre lithographique? Dites ce que vous savez de la lithographie. Où trouve-t-on de la pierre lithographique? — 18. Comment extrait-on la pierre du sol? Dites tout ce que vous savez de l'exploitation des carrières.

Quatrième leçon.

PIERRES SILICEUSES. GRANIT. ARDOISE

Cristal de roche. Quartz. Silex. Agate.

19. — Le *cristal de roche*, connu de tous, est de la *silice pure* et cristallisée : c'est du *quartz*. Il est en prismes hexagonaux, c'est-à-dire à six faces, transparents

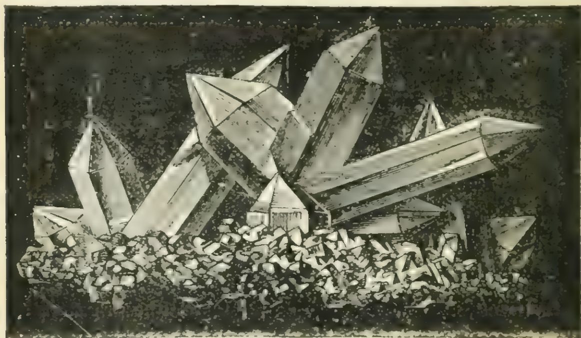


Fig. 13. — Cristal de roche.

comme du verre, et chaque prisme est surmonté d'une pyramide également à six faces (fig. 13).

Chaque grain de sable siliceux est un cristal semblable.

Le quartz est dur. Il raye le verre et l'acier.

Le *quartz amorphe, non cristallisé*, est appelé *silex*. Le *silex fait feu sous le choc de l'acier* : on dit qu'il *fait feu au briquet* (fig. 14).

Autrefois on l'employait comme *pierre à fusil*. Aujourd'hui on s'en sert encore comme *pierre à briquet*.

Un mélange de *quartz cristallisé* et de *quartz amorphe* constitue l'*agate* (fig. 15).

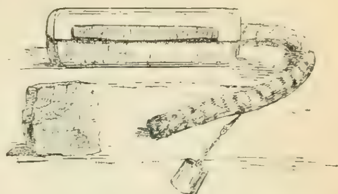


Fig. 14. — Briquet. La *pierre à feu* ou silex est à gauche.

La *calcédoine*, la *cornaline*, l'*onyx*, la *sardoine* sont des agates. Ces pierres sont très belles et très recherchées. On les taille pour en faire des parures. On y voit souvent des zones successives plus ou moins parallèles et diversement colorées.



Fig. 15. — Agate polie.

A propos de la *pierre à fusil*, voici quelques vers d'Arnault, mort en 1834, et qui rappellent la propriété de cette pierre.

« Te voilà, dangereux cailloux
Qui portes le feu dans tes veines!
Viens-tu donc répandre chez nous
Le fléau dont elles sont pleines?

« Étourdi, ne t'en prends qu'à toi,
Si quelque étincelle m'échappe :
La faute n'en est pas à moi,
Elle est à celui qui me frappe. »

Grès. Usages du grès.

20. — Le *grès* (fig. 16) est une roche formée de *grains de sable*. Il y a deux grandes catégories de grès : les *grès calcaires* et les *grès siliceux*.

Ceux-ci font *feu au briquet*, et il n'est pas rare de voir,

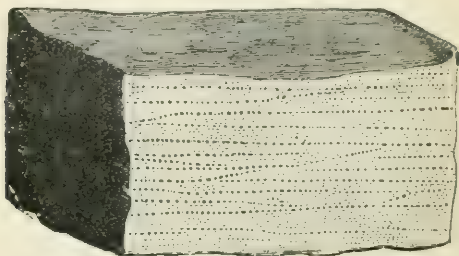


Fig. 16. — Fragment de grès.

à Paris, par exemple, où les pavés des rues en sont faits, jaillir des quantités d'étincelles sous les pieds des chevaux, ou les pieds des hommes qui portent des souliers ferrés. De plus ils ne font pas effervescence avec un acide. C'est que les grains de sable siliceux qui constituent ce grès sont reliés entre eux par une *pâte également siliceuse*. Ils sont durs, résistants.

Les autres, au contraire, font difficilement feu au briquet, et font effervescence avec un acide : ici les grains de sable siliceux sont soudés entre eux par une pâte calcaire : ce qui fait qu'ils sont moins durs, moins résistants. La roche est à la fois calcaire et siliceuse.

Les rochers de Fontainebleau, si célèbres par leur

masse et leur nombre, sont en grès siliceux. Mais il en

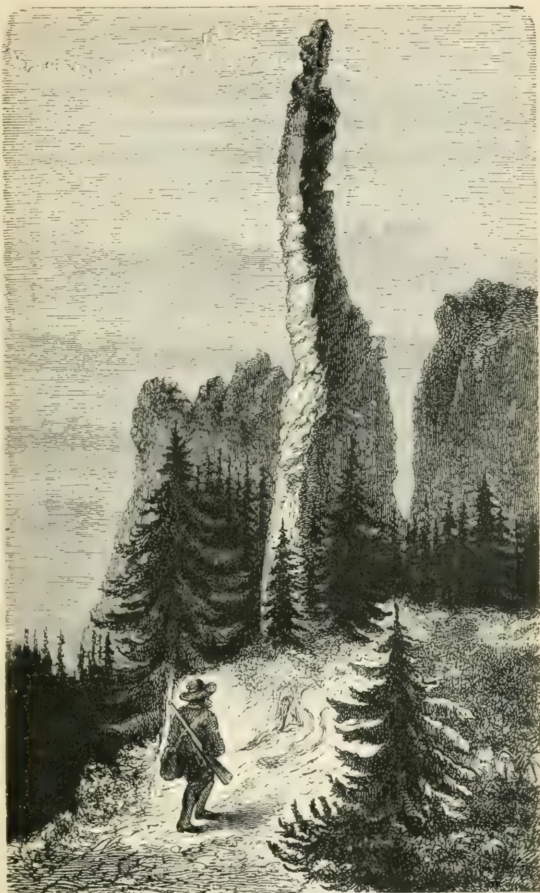


FIG. 17. — Roche de grès.

est d'autres, aux environs de Paris, comme à Orsay, par exemple, qui sont calcaires.

La figure 17 montre une roche de grès dénudée par la pluie et les agents atmosphériques : ce qui prouve sa résistance. Des quantités d'énormes blocs de grès dénudés se voient dans la forêt de Fontainebleau.

Les pavés de Paris et des routes pavées des environs de la Capitale sont en grès plus ou moins siliceux; mais il faut qu'il soit à la fois dur et résistant.

Cette roche est relativement facile à tailler en pavés cubiques : un coup bien appliqué par un ouvrier habile, à l'aide d'un marteau spécial, fend nettement le bloc.

Certains grès siliceux sont trop durs pour qu'on puisse les tailler pour les employer dans les constructions. Et, au contraire, certains grès calcaires sont trop tendres, trop friables pour être ainsi utilisés. Mais il en est néanmoins qui ont les qualités nécessaires pour servir de *pierre à bâtir*.

C'est ainsi que les *grès ferrugineux*, qui renferment beaucoup de fer, les *grès rouges* et les *grès roses* des Vosges, sont beaucoup employés pour la construction des maisons et des édifices. En Alsace et en Lorraine, des villages entiers sont bâtis avec les grès colorés des Vosges. La belle cathédrale de Strasbourg en est construite.

Certains *grès durs, à grains fins et serrés*, sont utilisés à la confection des meules pour polir les métaux et tailler les pierres dures, comme le cristal de roche et les différentes variétés d'agate, de même que pour aiguiser les outils tranchants en acier.

Les meules des rémouleurs pour repasser les couteaux, les ciseaux, etc., comme celles dont se servent les mécaniciens, les charpentiers et tous les *ouvriers du bois*, sont ordinairement en grès siliceux.

Meulière.

21. — La *meulière* est ainsi appelée parce qu'il en est des variétés qui peuvent servir et qui servent en effet à faire des meules de moulin pour moudre le blé.

A la Ferté-sous-Jouarre, département de Seine-et-Marne, on exploite la meulière en grand et l'on en fabrique des *meules*.

Mais l'emploi de la meulière dans les constructions est aujourd'hui fréquent autour de Paris et même dans la Capitale.

C'est une pierre siliceuse criblée de cavités plus ou moins grandes, cavités vides ou remplies de terre, de calcaire ou d'autres matières.

Aussi arrive-t-il qu'un morceau de meulière renferme du calcaire et fait effervescence avec un acide.

Quelques variétés de meulière se taillent très difficilement, ce qui fait qu'on préfère souvent employer le calcaire là où l'on trouve cette pierre.

A cause de cette difficulté, on se borne à aplanir l'une des faces des blocs de meulière pour la mettre en dehors, en parement.

Mais, dans bien des cas, la meulière est d'une très grande importance.

Dans les endroits frais et humides, il se produit du *salpêtre* sur le calcaire, et le mur donne toujours de la fraîcheur : alors le papier de tentures, le parquet, les plinthes et les meubles moisissent.

Dans ce cas il est très avantageux d'employer la meulière pour les fondations.

Cette *pierre siliceuse* est très avantageusement employée pour les piles de ponts établies dans l'eau, les murs d'ac-

cotement dans les talus de chemins de fer ou autres, les tranchées.

Les égouts de Paris sont faits en meulière.

Cette roche est abondante dans les environs de Paris.

Granit. Sa composition : Quartz, Feldspath, Mica.

22. — Un grand nombre de pierres sont de même nature dans toute leur masse, comme la craie, la pierre à bâtir ordinaire, le marbre en général, le gypse, etc.

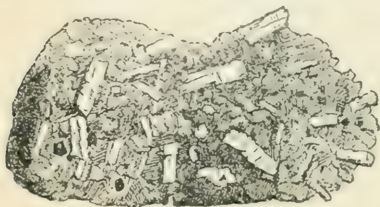


Fig. 18. — Granit.

Mais il n'en est plus ainsi de certaines pierres, le *granit* (fig. 18), par exemple.

Un morceau de *granit ordinaire*, si petit soit-il, nous montre au premier aspect qu'il est formé de plusieurs éléments. Il y en a trois principaux :

Le *quartz* ou *cristal de roche*;

Le *feldspath*;

Le *mica*, surtout le *mica noir*.

Ces trois éléments sont en cristaux à peu près d'égale dimension dans le granit à *grain fin* ou de Vire et de Bretagne; tandis que les cristaux de *feldspath* (fig. 19 et 20) sont beaucoup plus volumineux que ceux de quartz et de mica dans le *granit porphyroïde* de Cherbourg, dans la Manche, de Laber-Ildut, près de Brest, et de Gelles dans le Puy-de-Dôme.

Le granit sert de pierre de construction.

Des villes entières en sont construites dans les pays qui en renferment beaucoup comme en Normandie par exemple.

Mais sa dureté limite son emploi, vu la difficulté de le tailler.

Le granit est aussi utilisé pour le *pavage* et le *dallage des trottoirs* dans les villes. C'est lui qui fait à peu près tous les frais pour les bordures des trottoirs à Paris.

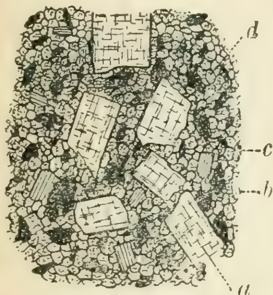


Fig. 19. — Granit. — *a*, *b*, feldspath; *c*, mica noir; *d*, quartz (grandeur naturelle).

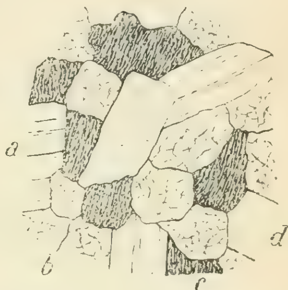


Fig. 20. — Granit des Settons (Nièvre). — *a*, *d*, feldspath; *b*, quartz; *c*, mica noir (gross. 80).

Les dalles de trottoirs employées à Paris sont surtout fournies par le granit commun de la Corrèze, de la Normandie et de la Bretagne.

Cette roche s'altère à la longue par l'action de l'eau sur le feldspath et le mica. Néanmoins elle est très résistante.

Caractères des éléments du granit : quartz, feldspath, mica.

23. — Dans le granit, le *quartz* est plus ou moins irrégulier, et couleur de chair. Il est dur, nous le savons déjà : c'est le plus dur des trois éléments fondamentaux du granit.

Le *feldspath* (fig. 21) est abondamment répandu dans un grand nombre de roches. Pur, isolé, c'est-à-dire non mélangé à d'autres minéraux, il est à peu près blanc, en beaux cristaux parfois très volumineux et à faces bien unies : ce qui permet souvent de le distinguer à première vue dans une roche qui en renferme.

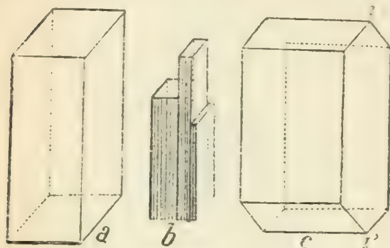
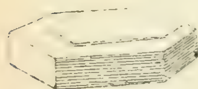


Fig. 21. — Feldspath. — *a*, prisme entier; *b*, fragments séparés par le clivage; *c*, groupe de deux cristaux, qui se sont pénétrés suivant *ii*.

Il est impossible de le rayer avec une pointe d'acier, car il est presque aussi dur que le quartz. Mais il peut-être rayé par le cristal de roche qui est éminemment dur. Il raye aussi le verre.

Le feldspath fond à une température très élevée et donne alors une sorte de verre, car il est transparent. C'est cette propriété qui le fait utiliser pour le vernis de la porcelaine, comme nous le verrons plus loin.

Quant au *mica* (fig. 22), il diffère notablement des deux autres éléments fondamentaux du granit. Il est peu résistant et se raye facilement à l'ongle. Il est doux, et même un peu gras au toucher. Il se divise avec la plus grande facilité en lamelles d'une *minceur* excessive, très brillantes, d'aspect nacré, à reflets argentés, dorés ou rappelant le jais. C'est qu'en effet, le mica varie beaucoup quant à la couleur : il peut être blanc, jaune, rose, enfumé ou complètement noir.


Fig. 22. — Cristal de mica.

Dans les granits ordinaires, le mica est en lamelles ou

paillettes de très peu d'étendue ; mais on en trouve dans la nature des lames de grandes dimensions. C'est ainsi qu'en Sibérie il en est qui atteignent jusqu'à deux mètres de diamètre : c'est ce que l'on désigne sous le nom de *verre de Sibérie*. En effet, on les emploie pour faire des vitres.

Leur grande flexibilité les rend très propres à cet usage pour les navires. Les Russes les emploient pour leurs vaisseaux de guerre.

Chez nous, on emploie des lames de mica de moindre dimension en guise de vitres pour certains poèles afin de rendre le feu visible.

Porphyres. Syénite.

24. — Certains granits ont leur feldspath en larges cristaux qui se détachent nettement du reste de la roche, et qu'on appelle *granits porphyroïdes*.

C'est qu'en effet, les *porphyres* (fig. 23) sont des roches dures formées uniquement de feldspath qui s'y trouve sous deux formes : des cristaux de feldspath, plus ou moins gros, sont enclavés dans une pâte de même nature. De plus, il arrive souvent que les cristaux ont une couleur différente de la pâte.

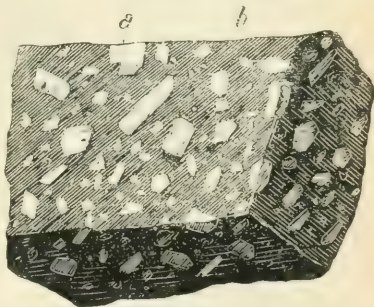


Fig. 23. — Porphyre poli. — *a*, gros cristaux de feldspath : *b*, pâte (quartz et feldspath).

Les beaux porphyres rouges ont servi de tout temps à faire des vases et des objets d'ornement.

Quant aux porphyres ordinaires, on les emploie comme des cailloux vulgaires à faire des pavés et à ferrer les routes.

On trouve aux environs de Syène, en Égypte, une sorte de granit appelé *Syénite*. Les Égyptiens s'en servaient pour tailler des obélisques de taille colossale (fig. 24).

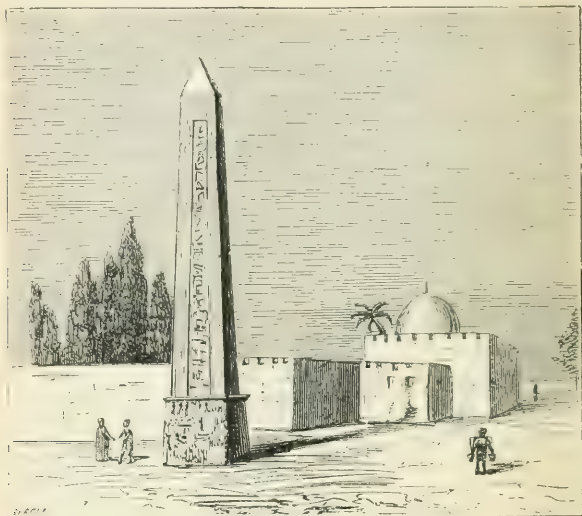


Fig. 24. — Obélisque en syenite.

L'obélisque qui se dresse sur la place de la Concorde, à Paris, est en *syénite*.

La syénite est formée de feldspath et d'un minéral vert, analogue au mica, appelé *amphibole*.

Schistes.

25. — Les roches qui sont disposées par feuillets superposés sont appelées *schistes* (fig. 25) ou *roches schisteuses*. Elles sont assez communes.

Il y en a à grains *cristallins*, composées, comme le *granit*, mais dont les éléments sont disposés par couches parallèles. Certaines ressemblent à un granit dont les différents éléments seraient par couches et dans lequel le mica serait abondant. Tels le *gneiss* et le *micaschiste* (fig. 26).

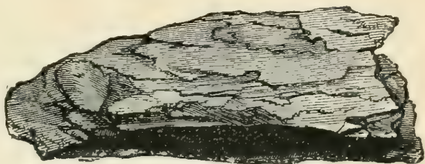


Fig. 25. — Fragment de schiste argileux.

Des *schistes argileux* sont pénétrés de matières bitumineuses, et donnent par la distillation du *pétrole* ou *huile de schiste* qui sert à l'éclairage comme le pétrole que l'on retire des puits à pétrole en Amérique.

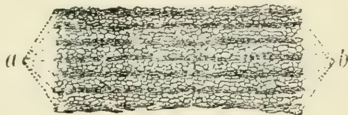


Fig. 26. — Micaschiste. — *a*, plans de mica ; *b*, quartz granuleux.

Ardoises.

26. — Le *schiste argileux* le plus répandu est peut-être celui que l'on nomme *ardoise*.

Débitée en feuillets minces, l'ardoise sert à couvrir les maisons et à faire de minces tablettes sur lesquelles on écrit avec un crayon spécial fait en schiste plus tendre, ou avec de la craie.

Débitée en feuilles de l'épaisseur d'une planche ordinaire, elle sert à faire des dessus de tables, des billards, des tableaux pour les écoles, des dalles pour les urinoirs

des villes : ces dalles sont placées debout et l'eau coule constamment le long.

La qualité de l'ardoise pour les toitures a une grande importance. Si l'eau de pluie la pénètre, elle gèle et s'effrite comme les pierres poreuses dites *gélives*.

Pour éprouver une ardoise, on la place verticalement de manière que sa moitié inférieure seule plonge dans l'eau. Si, au bout de vingt-quatre heures de séjour dans le liquide, la moitié supérieure est restée sèche, c'est que l'ardoise est bonne : elle n'est pas trop poreuse et ne se laisse pas pénétrer par l'eau.

Mais si l'eau monte dedans comme dans un morceau de sucre trempé dans un liquide par un bout seulement, elle est de mauvaise qualité, il faut la rejeter.

Plus les ardoises sont dures et pesantes, meilleurs elles sont. Une bonne ardoise se coupe net, et, frappée par un corps dur, rend un son clair et sonore.

L'*ardoise* s'extrait en blocs comme les autres roches. Puis on la taille. Les ouvriers la *fendent* dans le sens des feuillets, en frappant avec un marteau sur une *lame* de fer en forme de ciseau de menuisier.

Ils la réduisent en feuilles plus ou moins épaisses suivant l'usage auquel on la destine.

Les principaux gisements d'ardoise, exploités en grand, sont ceux des environs d'Angers, notamment à Trélazé, de la Meuse, de Fumay dans les Ardennes, des Alpes et des Pyrénées. Ceux de Maine-et-Loire sont généralement exploités à ciel ouvert ; ceux des Ardennes par des galeries souterraines.

On peut encore citer les *ardoisières* des environs de Cherbourg et de Saint-Lô, dans la Manche.

Inutile de dire qu'une *ardoisière* est une carrière d'ardoises.

L'*ardoise artificielle* ou *factice*, qui est en usage aujourd'hui dans les écoles parce qu'elle a l'avantage de n'être pas fragile, est toute différente de la véritable ardoise; elle est formée généralement d'une feuille de carton recouverte d'une pâte faite avec de l'argile et de la colle forte.

Questionnaire. — 19. Qu'est-ce que le cristal de roche? Comment se présente-t-il? Le quartz est-il dur? Qu'est-ce que le silex? La pierre à fusil? Qu'est-ce que l'agate? Qu'en fait-on? Citez les principales variétés d'agate. — 20. Qu'est-ce que le grès? Quelles sortes de grès connaissez-vous? A quoi servent les grès? Citez quelques gisements de grès. — 21. Qu'appelle-t-on meulière? Quels sont les défauts et les qualités de la meulière. A quoi sert la meulière? Où en trouve-t-on? — 22. Qu'est-ce que le granit et de quoi est-il formé? Où trouve-t-on du granit? A quoi sert le granit? Tout le granit a-t-il le même aspect? — 23. Comment peut-on distinguer les éléments du granit? Dites ce que vous savez du feldspath et du mica. — 24. Qu'appelle-t-on porphyres, granit porphyroïde? En quelle roche est l'obélisque de la place de la Concorde à Paris? — 25. Qu'appelle-t-on schistes ou roches schisteuses? Citez-en. — 26. Où trouve-t-on l'ardoise? Comment l'extrait-on de la terre? Comment la travaille-t-on? A quoi sert l'ardoise?

Cinquième leçon.

L'ARGILE. BRIQUES. TUILES. POTERIES.

Argile.

27. — L'*argile* ou *glaise* est une roche abondante dans la terre. On la rencontre à peu près partout. Mais elle est extrêmement rare à l'état pur.

L'*argile pure* est blanche et prend le nom de *kaolin*. On n'en trouve guère en France qu'à Saint-Yrieix près de Limoges où on l'exploite pour la fabrication de la porcelaine.

Impure, la *glaise* peut être colorée en gris bleuâtre, jaune sale, etc. C'est une roche terreuse, molle, se rayant et se coupant au couteau, se rayant même à l'ongle, avec un morceau de bois ou tout autre corps dur. Elle est moins dure que le plus mou des calcaires.

Elle ne fait pas effervescence avec un acide, à moins d'être chargée de calcaire : alors elle constitue la *marne*.

Appliquée sur la langue, elle s'y attache en produisant une sensation particulière : on dit qu'elle *happe à la langue*. Elle absorbe l'eau avec avidité, se ramollit, se gonfle et se délaye.

Une couche d'argile est absolument imperméable : l'eau ne peut la traverser.

Délayée avec de l'eau, la véritable argile forme une pâte que l'on pétrit et façonne à sa guise ; on dit pour cela que l'argile est *plastique*, qu'*elle fait pâte avec l'eau*.

Cette *plasticité* la fait employer par le sculpteur pour en modeler ses statues. Ainsi lorsqu'un sculpteur veut

faire une statue en marbre ou en bronze, il commence par la modeler avec de la glaise.

Lorsqu'on chauffe l'argile, elle se dessèche, en perdant son eau qui se vaporise, mais elle garde ses propriétés. Si cependant on la chauffe longtemps et à une haute température, elle se modifie complètement : elle perd ses propriétés et ses caractères. Elle diminue de volume et devient d'autant plus dure qu'elle a été plus fortement chauffée. Alors elle ne peut plus être rayée avec l'ongle, mais seulement avec une pointe d'acier. Elle ne happe plus à la langue, n'est plus douce au toucher, n'est plus plastique.

L'*argile plastique* est assez répandue, on la trouve surtout aux environs immédiats de Paris. Elle est même abondante sous la Capitale.

On appelle *argile réfractaire* une argile presque pure qui peut être soumise à une haute température sans se fondre. Elle sert à faire les *creusets*, les *vases* et les *fourneaux* pour fondre les métaux, des *cornues* dans lesquelles on distille la houille pour en retirer le gaz d'éclairage.

Impure elle devient plus *fusible* et peut, sous l'action de la chaleur, se transformer en une masse vitreuse : c'est ce que l'on voit souvent sur les briques trop cuites, dont une partie est *vitrifiée*.

L'argile change de couleur en cuisant : elle devient généralement rouge. Cette couleur est due à la présence du fer dans l'argile, à de la rouille. On peut le voir en brisant une brique ordinaire : l'extérieur n'est pas de même couleur que l'intérieur.

Les briques.

28. — Les *briques* sont des *pierres artificielles* que l'on fait avec des argiles plus ou moins pures appelées

terre à brique : aussi avons-nous des briques de diverses catégories et de qualités différentes.

On en fait aujourd'hui auxquelles on donne une couleur déterminée, jaune, blanche, etc., avec un vernis à la surface.

Les *ouvriers briquetiers* délayent l'argile avec de l'eau et en forment une pâte qu'ils mettent dans des moules ayant la forme d'une brique, et qu'ils mouillent à l'intérieur à chaque moulage, pour que la pâte ne colle pas au bois. A l'aide d'un instrument en bois, ils enlèvent ce qui dépasse le bord du moule après le tassement.

Retirée du moule, la brique est séchée à l'air, puis cuite au four. L'établissement où on les fabrique s'appelle *briqueterie*. Celle-ci est généralement située à l'endroit où l'on trouve l'argile, pour éviter les frais de transport de terre.

Pour cuire les briques communes, on les dispose en un énorme tas, en laissant des vides de place en place et en mélangeant à la masse le combustible nécessaire à la cuisson.

Ce combustible peut être de la houille, de la tourbe, etc. Pour bien réussir il faut une assez longue pratique, car si le feu est trop ardent, celles du centre se fondent à la surface, se collent les unes aux autres et se vitrifient en même temps, tandis que celles situées sur les bords ne sont qu'à moitié cuites. D'où résultent des pertes considérables.

Cette méthode ne donne pas toujours d'excellents résultats, mais elle a l'avantage de coûter moins cher.

De même que les pierres, les briques servent à la confection des murs extérieurs de nos maisons et des cloisons qui séparent les différentes pièces de nos appartements. On relie les briques les unes aux autres avec du mortier, du plâtre gâché, ou du ciment.

Dans les grandes briqueteries, l'argile est pétrie à l'aide d'une machine.

Tuiles.

29. — Les tuiles se font comme les briques; mais comme elles servent à couvrir les toits, à arrêter la pluie, elles doivent être faites de manière à ne pas se briser ni s'effriter à la gelée.

Leur cuisson ne peut se faire que dans des fours.

Certaines terres qui peuvent convenir pour les briques seraient trop mauvaises pour les tuiles.

On en fait de plusieurs formes. Cependant on peut les ranger dans deux catégories :

Les *tuiles courbes*;

Les *tuiles plates*.

Les *courbes* se font un peu partout. Les *plates*, aujourd'hui cependant très répandues, ont moins de centres de fabrication : les plus renommées sont celles de *Montchanin* dans le département de Saône-et-Loire.

Les tuiles plates ont des sortes de crochets : elles s'accrochent l'une à l'autre, tirent dans la direction de la pente du toit, lequel supporte une moins lourde charge; tandis que les tuiles courbes pèsent de tout leur poids et exigent, par ce fait, une charpente plus forte, plus lourde, plus coûteuse, plus plate.

Les tuiles mal cuites ou faites avec de la mauvaise terre, se fendillent, s'écaillent, se cassent facilement, *prennent la mousse*.

Les *mousses* croissent alors abondamment dessus, l'eau y coule moins facilement, il se forme des gouttières, en un mot on a une mauvaise toiture.

Autrefois, les toits étaient en *chaume*, c'est-à-dire en *paille*, ou en *roseaux*, et ces couvertures étaient fort dan-

gereuses à cause du feu; elles étaient, en outre, moins propres, moins élégantes et moins durables que celles faites avec la tuile et l'ardoise.

Poteries en général.

30. — L'*argile* sert encore à faire les poteries. Aussi l'appelle-t-on *terre à potier.*

Les *poteries* peuvent être divisées en plusieurs catégories. C'est ainsi qu'il y a :

1° Les *poteries communes* ou *non vernies*, comme les *pots à fleurs*, ainsi que les *briques*, les *tuiles*, les *carreaux*, les poteries pour *cheminées* servant à faire des conduits de cheminées, soit à l'intérieur du mur soit à l'extérieur.

2° Les *poteries à vernis opaque*, dont le vernis est destiné à masquer la couleur généralement foncée de la pâte et à la rendre imperméable, vu qu'elle reste *poreuse* après la *cuisson* : faïences communes, casseroles, marmites, plats en terre commune, etc.

3° Les *poteries à vernis transparent*, laissant voir la couleur de la pâte, mais lui donnant un plus bel aspect; telle est la *porcelaine*.

4° La *poterie de grès*, également à vernis transparent et ordinairement d'un gris bleuâtre : cruches, buies ou buires, terrines, pots à graisse, etc.

Poteries à vernis opaque.

31. — Les *vernis* dont on recouvre les poteries, fines ou grossières, que l'on veut rendre propres à contenir des liquides, sont toujours formés de substances qui peuvent fondre sous l'action de la chaleur. Elles se solidifient ensuite par le refroidissement et recouvrent alors la poterie

qui devient imperméable à l'eau; le vernis devient une sorte de verre, en un mot.

Les argiles employées à la fabrication des *poteries communes*, au nombre desquelles nous plaçons la *faïence*, sont rarement pures : aussi donnent-elles des objets plus ou moins colorés après la cuisson. Quelques-uns le sont même très fortement.

Mais comme cette couleur serait presque toujours désagréable, on la recouvre, on la cache au moyen d'un *vernis opaque*, c'est-à-dire non transparent.

Ce vernis opaque n'a pas toujours la même couleur : il peut être blanc, vert, marbré de bleu, etc.

On comprend aisément que la couleur de la faïence et des autres poteries ainsi traitées, ne dépend pas de la pâte d'argile avec laquelle elles sont faites, mais bien du vernis déposé à leur surface.

C'est seulement dans la cassure qu'on voit la couleur qu'a cette pâte cuite.

La composition de ce vernis est très variable; mais il y entre toujours des substances métalliques : de l'*étain* dans celui des faïences, du *plomb* dans celui des poteries grossières, comme les marmites et les casseroles en terre, communément employées dans certains ménages.

Poteries à vernis transparent. Porcelaine

32. — Si l'argile est bien pure, elle est blanche, et la poterie est d'un beau blanc : on a alors la *porcelaine*. Aussi recouvre-t-on les objets en porcelaine d'un vernis transparent qui laisse voir la couleur de la pâte. Les objets sont comme s'ils étaient recouverts de verre.

Ce vernis est fait avec la roche appelée *feldspath*, qui est un des éléments constitutifs du granit.

Le *feldspath*, très dur et très difficile à fondre, est réduit

en une poudre fine que l'on délaye dans l'eau : ce qui donne une sorte de bouillie claire appelée *barbotine.*

On plonge dans cette bouillie, mieux dans ce liquide, la poterie à cuire, et qui est *poreuse.* Elle absorbe une partie de ce liquide, et quand on la retire elle est entièrement recouverte de poudre de feldspath qui par la cuisson se transforme en vernis transparent et vitreux.

Confection des pièces. Tour à potier.

33. — L'ouvrier, nommé *potier*, délaye sa terre avec de l'eau pour en faire une pâte qu'il met en boules. Cha-



Fig. 27. — Tour à potier.

cune de ces boules sera transformée en un pot, une assiette, une tasse, ou tout autre objet de ce genre.

Le potier façonne ses vases avec une machine bien simple, appelée *tour à potier* (fig. 27), composée de deux rondelles ou tablettes en bois, dont chacune est fixée à l'extrémité d'un axe, également en bois. Il fait *tourner*

l'instrument en pressant du pied la rondelle inférieure; il façonne la pâte à sa guise, lui donne la forme qu'elle doit avoir. Le travail se fait d'abord à la main, puis on termine les objets à l'aide d'instruments spéciaux (fig. 28). On les laisse sécher légèrement avant de les mettre cuire au four.

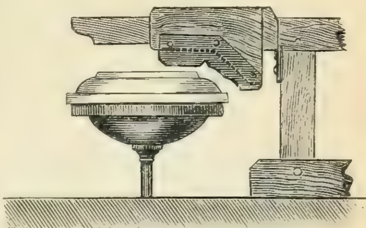


Fig. 28. — Fabrication d'une assiette.

C'est ainsi qu'on fait les pots à fleurs; mais ils sont généralement peu cuits et sans vernis. Il en est ainsi de la *poterie à bâtiment*, comme les tuyaux servant à faire des conduits de cheminées ou certains ornements grossiers.

La poterie *à drain* est moulée.

Pour que la poterie ne se laisse pas traverser par les liquides qu'elle doit contenir, on la recouvre, comme nous l'avons dit, presque toujours d'un vernis, et l'on a ainsi des *poteries vernissées*.

Questionnaire. — 27. Quels sont les caractères de l'argile? Qu'appelle-t-on argile plastique? argile réfractaire? — 28. Comment fait-on les briques? Comment les cuit-on? — 29. Quelles sortes de tuiles connaissez-vous? Comment les cuit-on? — 30. Quelles sortes de poteries connaissez-vous? — 31. Que savez-vous des poteries à vernis opaque? — 32. Quelle est la poterie à vernis transparent? Avec quoi fait-on ce vernis? Qu'appelle-t-on barbotine? — 33. Qu'est-ce que le tour à potier? Comment confectionne-t-on les pièces avec le tour à potier?

Sixième leçon.

LA PORCELAINE. — LE GRÈS. LE VERRE.

Préparation de la pâte à porcelaine.

34. — L'argile pure et blanche employée pour la fabrication de la porcelaine se nomme *kaolin*. Nous le savons.

On commence par broyer ce kaolin, puis on le délaye dans l'eau d'une cuve où on l'agite avec des palettes. Les grains de sable, au moins les plus gros, se déposent, c'est-à-dire tombent au fond de l'eau, et l'on obtient une bouillie liquide que l'on fait passer dans une autre cuve d'eau.

Lorsqu'on juge que le nouveau dépôt est suffisant, on met cette bouillie dans une troisième cuve où on la laisse séjourner très longtemps, et jusqu'à ce que tout le kaolin soit déposé.

Alors on enlève l'eau claire et l'on fait sécher la boue argileuse qui se trouve au fond de cette troisième cuve.

A ce kaolin ainsi débarrassé de son sable, purifié, en un mot, on ajoute un tiers environ de sable bien blanc et réduit en une poussière extrêmement fine, et un peu de craie pulvérisée et purifiée.

Le mélange de ces trois substances est moins *plastique* que l'argile seule; mais il diminue beaucoup moins de volume par la cuisson, et de plus peut éprouver, à une température très élevée, un commencement de *fusion* qui fait que la porcelaine cuite est plus compacte, imperméable à l'eau et un peu translucide.

La pâte ainsi obtenue par le mélange de ces trois substances doit être pétrie avec le plus grand soin, puis

abandonnée dans un lieu humide, une cave par exemple.

En vieillissant, la pâte prend de la qualité. Aussi. arrive-t-il, comme à Sèvres, par exemple, qu'on ne l'emploie que plusieurs années après sa préparation.

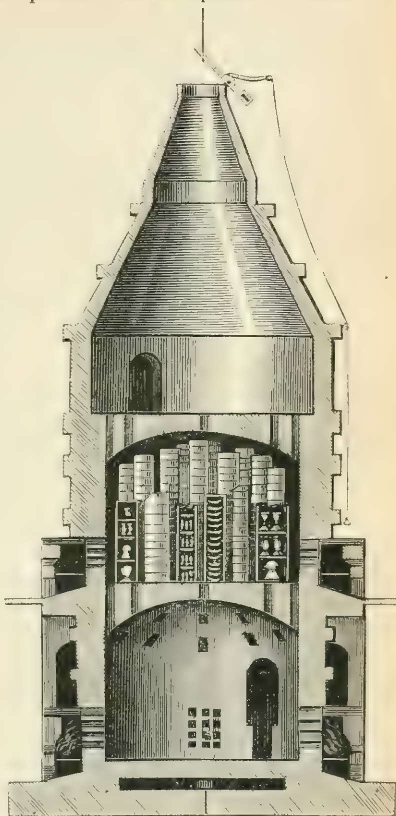


Fig. 29. — Four à porcelaine.

Cuisson.

35. — Les objets en porcelaine, fabriqués comme nous l'avons vu, sont placés dans des vases faits avec des argiles très *réfractaires*, et soumis à une première cuisson qui les dessèche complètement et leur fait prendre une certaine consistance. Après cette cuisson ils sont encore *poreux* et ont l'aspect des pipes en terre blanche.

C'est alors qu'on trempe les objets dans la *barbotine*. Après quoi on les soumet à une seconde cuisson qui est faite moyennant une température très élevée, de manière à fondre complètement le vernis et à donner à la pâte la consistance qu'elle doit avoir.

Les *fours à porcelaine* sont ordinairement à trois étages (fig. 29).

Les deux étages inférieurs sont chauffés directement par des feux placés sur les côtés et dont la flamme ne pénètre pas dans le four : c'est là qu'a lieu la seconde cuisson, qui exige la plus haute température.

L'étage supérieur, où la chaleur est beaucoup moins forte, est chauffé par la chaleur perdue des deux étages inférieurs, et destiné à recevoir les pièces *crues*, non vernies. Cette porcelaine ni vernie ni cuite porte le nom de *biscuit*.

La cuisson des pièces de porcelaine dans les étages inférieurs dure trente-six heures.

Une fois refroidies, elles sont retirées des vases en terre réfractaire, et la porcelaine est faite.

Le combustible employé à la manufacture de Sèvres, près de Paris, est le bois de tremble ou de bouleau.

Si les pièces à cuire ne sont pas exposées directement à la flamme, mais enfermées dans des vases, c'est pour les protéger des coups de feu et du contact de la flamme : ce qui ferait mauvais effet.

Il ne faut pas qu'une pièce à cuire en touche une autre par une partie vernie ; car le vernis, en fondant, souderait les deux pièces, qui ne pourraient être séparées sans être brisées.

Quelques pièces se déforment pendant la cuisson, et constituent la porcelaine de second choix. Celles qui sont soudées ou fendues sont perdues.

Décoration de la porcelaine et des autres poteries.

36. — Il est assez rare de voir de la porcelaine complètement blanche. En général elle est *décorée* : elle est ornée de *peintures* et de *dorures*.

La décoration la plus fréquente de la porcelaine est la

dorure, qui s'obtient au moyen de l'or réduit en poudre très fine.

On mêle la *poudre d'or* avec une substance capable de fondre sous l'action de la chaleur et d'adhérer au vernis de la porcelaine.

On délaye dans l'essence de térébenthine le mélange qui renferme l'or, puis on l'applique au pinceau sur les pièces complètement terminées, que l'on soumet ensuite à l'action de la chaleur : le mélange fond et l'or est fixé. Mais cet or est alors *mat*; on le rend brillant en le frottant avec un corps dur.

La peinture sur poterie est très difficile et exige une longue pratique. D'ailleurs, une pièce de poterie peut être décorée de plusieurs couleurs.

Ces peintures ne sont pas faites avec les couleurs ordinaires, et ne sont pas simplement appliquées sur les objets avec le pinceau; car, s'il en était ainsi, le tout disparaîtrait au lavage le plus simple.

Il faut donc avoir recours à un autre procédé.

On emploie des *composés métalliques* que fixe la cuisson, et capables de résister au frottement et au feu. Il faut donc que ces substances minérales se combinent avec l'argile de la poterie lorsqu'on la chauffe dans les fourneaux et forment avec cette argile un vernis coloré. Chaque substance donne sa couleur.

Les composés qui servent à produire les couleurs n'ont pas, au moment où on les applique sur les pièces, la teinte qu'ils auront une fois les pièces cuites : ce qui rend cet art excessivement difficile.

Une poudre noire, par exemple, quand elle est appliquée, pourra donner du jaune ou du bleu, après la cuisson.

Une fois que plusieurs poudres différentes ont été appliquées sur une pièce, on introduit celle-ci dans un fourneau en terre fortement chauffé, et dans lequel la

flamme n'entre pas. C'est ainsi que, sous l'action du feu, se produiront les teintes.

Il faut que l'artiste sache à l'avance quelle couleur donnera une poudre quelconque à la cuisson.

Poterie à vernis transparent, dite Grès.

37. — Les poteries dites *grès*, ou *grès-cérames*, sont très solides. Elles sont imperméables, même sans glaçure ou vernis. Mais elles ont l'inconvénient de ne point aller au feu.

La composition de la pâte varie suivant les fabriques, mais, en général, elle renferme de l'argile plastique, du sable et du silex, quelquefois même du kaolin.

On en fait des vases de différentes sortes : pots à bière, à tabac, bonbonnes, buires, tuyaux de conduite, etc.

Principaux centres de la fabrication de la poterie fine.

38. — La faïence commune se fabrique surtout à Paris, Rouen, Nevers ; la faïence fine, à Choisy-le-Roi, à Creil, à Montereau, à Gien, à Bordeaux ; la porcelaine se fabrique à Sèvres, près de Paris, puis à Limoges.

A l'étranger, les porcelaines de Saxe, de Chine et du Japon sont célèbres par leur finesse et leur beauté.

La fabrication de la poterie, de la faïence et de la porcelaine constitue la *céramique*.

L'art du potier est très ancien : les Grecs et les Romains fabriquaient des vases d'une forme élégante et d'un fini sans exemple. Les vieilles faïences de Marseille, de Strasbourg, de Nevers, de Moustiers-Sainte-Marie, de Rouen, etc., sont très recherchées des amateurs.

Un potier illustre fut Bernard Palissy.

Ce savant était si pauvre qu'il manqua de bois pour alimenter le four qui devait cuire sa poterie; alors il brûla ses meubles. On ajoute que, depuis Bernard Palissy, on n'a rien créé de plus parfait que ses vases et ses plats.

Cet homme était un grand artiste, qui ne recula devant aucun sacrifice pour arriver à son but.

Le verre.

39. — Si notre classe n'avait que des murs pleins, c'est-à-dire sans fenêtres, et que la porte fût toute en bois, nous serions obligés d'avoir une lumière artificielle du matin au soir pour travailler.

Il est vrai qu'on pourrait avoir des fenêtres sans vitres; mais alors le vent et la pluie nous gêneraient, et en hiver nous grelotterions.

Pour obvier à tous ces inconvénients, les hommes ont cherché une matière qui arrêtât le vent et la pluie, tout en laissant la lumière du soleil pénétrer à l'intérieur : cette matière est le verre de nos vitres.

Voyons donc comment il se fabrique.

Selon l'espèce de verre que l'on veut obtenir, on emploie différentes matières, dont les principales sont : le *sable*, la *chaux*, la *potasse* ou la *soude*. On les fait fondre dans des vases en terre nommés *creusets*.

La potasse et la soude sont blanches et s'extraient des cendres de certaines plantes.

Quand on veut avoir du *verre à bouteilles*, coloré comme celui des bouteilles ordinaires, les ouvriers emploient du sable coloré par l'oxyde de fer, qui est la rouille de ce métal.

Pour obtenir le *verre à vitres*, comme celui des car-

reaux de nos fenêtres, des globes de pendules et de la *gobeletterie* ordinaire, on prend du sable blanc.

Le *verre des glaces* a la même composition que celui des vitres, seulement la chaux y est en plus petite quantité.

Le verre nommé *cristal* contient un peu de plomb.

Que le verre soit blanc ou coloré, le travail est toujours le même : les creusets, remplis des matières nécessaires, sont disposés dans un four spécial; sous l'action d'un feu ardent, le mélange fond et donne une pâte qui est le verre à l'état liquide, ou plutôt à l'état *pâteux*.

Le soufflage du verre.

40. — Sans nul doute, vous avez vu faire ou fait vous-mêmes des bulles de savon.

On râcle un peu de savon dans de l'eau et l'on remue le mélange avec un petit bâton, jusqu'à ce qu'il ait une écume abondante. On prend alors un peu de cette écume au bout d'un tuyau de paille et l'on souffle à l'autre bout; il se forme une toute petite boule qui grossit à mesure que l'on souffle et se détache du tuyau quand elle est assez grosse.

Eh bien, les *verriers* font exactement la même chose; mais, au lieu d'être un amusement, leur besogne est un rude travail.

Les verriers se servent d'une *canne*, long tuyau en fer, dont l'une des extrémités se nomme *nez*. L'ouvrier trempe le *nez* de la canne dans le verre fondu, en retire une petite boule rouge comme du feu et se met aussitôt à souffler vivement par l'autre bout de la canne. Qu'arrive-t-il? L'air, pénétrant dans la boule, la transforme en une bourse de verre nommé *manchon*, à laquelle l'ouvrier donne une forme déterminée.

S'il veut avoir une vitre, l'ouvrier fend le manchon dans le sens de la longueur et l'étend ensuite sur une table. Le procédé est le même pour les miroirs de petites dimensions, mais les grandes glaces s'obtiennent en coulant le verre sur une table horizontale et bien dressée; on les polit ensuite et on les *étame*.

Si l'ouvrier veut faire une bouteille, il introduit le manchon de verre dans un *moule* qui a la forme de la bouteille qu'il désire avoir.

Le travail du verrier est très pénible, mais il est d'une grande utilité.

On a parlé de remplacer les *souffleurs de verre* par des machines : ce serait une excellente chose, car c'est un métier très nuisible à la santé.

Questionnaire. — 34. Décrivez la préparation de la pâte à porcelaine. Cette pâte peut-elle se conserver? — 35. Décrivez un four à porcelaine. Dites ce que vous savez de la cuisson de la porcelaine. — 36. Que savez-vous de la décoration de la porcelaine et des poteries en général? — 37. Qu'appelle-t-on grès-cérames? — 38. Quels sont les principaux centres de la fabrication de la poterie fine? Citez un potier illustre. — 39. Quelles sont les principales matières qui entrent dans la fabrication du verre? — 40. Comment fait-on les bouteilles, le verre à vitres, les glaces?

Septième leçon.

BOIS DE CONSTRUCTION. MÉTAUX. PAPIER

Bois de construction.

41. — Le *bois* entre largement dans la construction de nos maisons et de nos autres bâtiments. Pour s'en convaincre on n'a qu'à examiner les maisons et les autres bâtiments, surtout à la campagne, dans une ferme par exemple, où l'on trouvera l'habitation du cultivateur, une grange, des écuries, un hangar, une buanderie, un fournil, des toits de toutes sortes et une infinité d'autres servitudes.

Les bois employés dans ces différentes constructions sont assez nombreux. On peut citer le *chêne* (fig. 30, 31), le *châtaignier*, l'*orme*, le *pin* et le *sapin*, le *peuplier*, le *hêtre*, le *frêne*, le *mélèze*, l'*if*, le *cèdre*, le *cyprès*, l'*aune*, voire même le *noyer*.

Les différentes parties en bois dans nos constructions sont les poutres et les solives qui vont d'un mur à l'autre, et sur lesquelles on fixe les planches qui forment le plancher ou le parquet. Puis vient la charpente de la toiture composée de pièces de bois assez fortes pour supporter les chevrons qui porteront eux-mêmes des lattes ou des planches assez minces dites voliges sur lesquelles on posera des tuiles, ou des ardoises, ou un métal.

Les portes et les fenêtres sont également en bois. Et dans les salles à manger des maisons des villes, on garnit presque toujours les murs avec du bois jusqu'à une certaine hauteur.

Autrefois on faisait également en bois les cloisons sépa-

rant les différentes pièces d'une maison, mais aujourd'hui on les fait presque toujours en briques et en plâtre : c'est plus propre et plus économique.



Fig. 30, 31. — Chêne commun avec fleurs et fruits.

Dans certains monuments, comme les églises, par exemple, il y a des parties construites entièrement en bois à l'intérieur.

Tous ces bois proviennent des grands arbres de nos forêts et de nos champs, que l'on abat en hiver et au printemps, puis que des hommes appelés *scieurs de long*, débitent dans le sens de la longueur, à l'aide d'une grande scie, en madriers, poutres, solives, chevrons, planches.

Le tronc d'arbre est monté sur un chevalet ou sur

deux hauts tréteaux, puis l'un des scieurs de long est monté lui-même sur le tronc d'arbre, pendant que l'autre est au-dessous (voy. fig. 45).

Aujourd'hui, ce travail se fait en grande partie dans des établissements appelés *scieries*, où des scies de toutes formes et de toutes dimensions sont mises en mouvement par l'eau ou la vapeur; le travail se fait beaucoup plus vite et beaucoup mieux.

De la valeur des bois dans la construction.

42. — En France, comme à peu près partout, le *chêne* est considéré comme le roi des bois de construction. Mais il faut savoir que le bois de chêne se compose de deux parties bien distinctes, et bien visibles sur la section d'un tronc, d'une forte branche : à l'intérieur, du bois plus ou moins foncé : c'est le *cœur* : à l'intérieur, du bois plus clair, c'est l'*aubier*.

Le *cœur de chêne* est de toute solidité, tandis que l'*aubier de chêne* est un très mauvais bois, qui pourrit en peu de temps à l'eau ou à l'humidité, et qui n'a alors aucune valeur.

Le *cœur de chêne* peut donc être utilisé avantageusement dans n'importe quelle partie de la construction : il est inusable.

Le *châtaignier* (fig. 32, 33) pourrit difficilement et est aussi très avantageux. Tout le tronc peut servir, car il n'y a ni cœur ni aubier : le bois est uniforme. Il peut donc être employé, comme le chêne, dans toutes les parties d'une construction.

L'*orme* (fig. 34 à 36) est dans le même cas que le *châtaignier*. Il est fort, résistant et craint peu la pourriture.



Fig. 32, 33. — Châtaignier avec fleurs et fruits.

On peut presque en dire autant du *frêne* et du *hêtre* (fig. 37, 38).

Les *bois résineux* (fig. 40, 41), comme le *pin*, le *sapin*, le *mélèze*, le *cèdre*, etc., renferment de bon bois

FIG. 34. 35. 36. — Orme champêtre avec fleurs et fruits.



FIG. 37. — Hêtre. Branche et fruit.



Fig. 38. — Faine.

et de mauvais bois : cela dépend des espèces et des lieux où ils croissent.

C'est avec les bons bois résineux que l'on fait ordinairement les *pilotis* sur lesquels on élève les constructions dans les lieux où le terrain manque de résistance.



FIG. 39, 40. — Pin maritime.

On enfonce dans le sol un grand nombre de gros pieux très rapprochés faits de troncs d'arbres (fig. 41). On coupe de niveau les têtes de tous ces pieux, puis on place par-dessus un plancher en forts madriers de même bois sur lequel on établit la maçonnerie.

L'*aune* ou *vergne* (fig. 42, 43) est aussi quelquefois employé à cet usage.

On a découvert dans quelques contrées, notamment au pied des Alpes et des Pyrénées, des restes d'un genre d'habitations ainsi établies, et qui date de fort loin. A une époque reculée, les hommes construisaient leurs maisons sur pilotis, au bord des lacs (fig. 41). Ils choisissaient

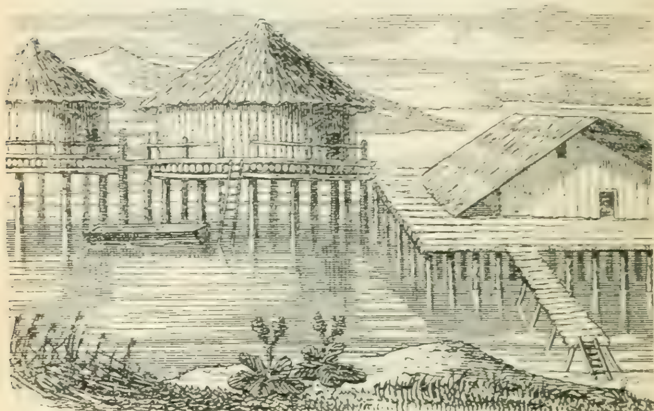


FIG. 41. — Palaffite actuelle (Nouvelle-Guinée).

alors un endroit où l'eau était peu profonde, ils enfonçaient, à quelque distance du rivage, d'énormes pieux assez rapprochés les uns des autres, et posaient à plat, sur ces pieux, de grosses planches jointes les unes aux autres, qui formaient le plancher de la maison.

Ils bâtissaient ensuite les murs et le toit de cette maison avec des troncs et des branches d'arbres entrelacées tant bien que mal. C'était un travail colossal pour ces hommes qui n'avaient encore que de misérables outils en pierre; et plus tard même, quand ils connurent le bronze avec lequel

ils firent des haches, il leur fallait longtemps pour établir ces pilotis.

On a trouvé dans les lacs de la Suisse plus de deux



Fig. 42, 43. — Aune.

cents de ces villages lacustres dont quelques uns, bâtis sur quarante ou cinquante mille pieux, avaient demandé assurément le travail de plusieurs générations. On a aussi trouvé de semblables habitations en Italie, en Savoie, dans le Béarn où les lacs comblés sont convertis en tourbières.

Mais les bois de sapin si employés aujourd'hui partout

ne sont pas d'assez bonne qualité pour être utilisés au dehors : ils pourriraient en peu de temps. Mais ils sont très commodes pour les solives, les parquets, les portes situées à l'intérieur, et la charpente pour supporter les tuiles ou les ardoises.

Cependant il y a du sapin très mauvais pour parquet, car il s'écaille facilement, et l'on n'a rien de propre.

Le *peuplier* pourrit avec tant de facilité qu'il ne vaut pas la peine d'être employé à l'extérieur. On ne peut pas non plus l'utiliser dans un lieu humide ou frais. Il ne faudrait pas l'employer à faire un plancher au rez-de-chaussée, pas même sur une cave.

Mais on peut l'utiliser avec avantage pour les planchers au sec, et une quantité d'objets de menuiserie intérieure, et pour poser sur les chevrons des toitures, sous les tuiles ou les ardoises.

Le peuplier n'est pas assez résistant pour faire des *solives* et des *chevrons*.

Moyen de rendre le bois incorruptible.

43. — On a trouvé le moyen de prolonger la durée du bois en le soumettant à des préparations particulières.

Un procédé bien simple, et qui a donné de bons résultats, consiste à introduire dans le bois, à l'aide d'un appareil peu coûteux, une dissolution de *sulfate de cuivre*, ou *vitriol bleu*, à la dose de 5 kilogrammes et demi à 6 kilogrammes par mètre cube d'eau.

Les bois ainsi préparés durent cinq ou six fois plus qu'à l'état naturel.

L'application de ce procédé aux poteaux télégraphiques a déjà produit une notable économie.

D'autres procédés nouveaux ont aussi donné d'excellents résultats.

Enfin, on sait que le bois recouvert de goudron, de coaltar ou de peinture, craint moins l'humidité, pourrit beaucoup moins vite et dure bien plus longtemps.

Maisons en bois. Chalets suisses.

44. — On fait quelquefois des bâtiments tout en bois. Parfois, on établit une charpente, une *carcasse* en bois, puis on remplit les vides par des cloisons en briques.

Parmi les maisons entièrement construites en bois, voire même la couverture, se trouvent celles dites *chalets*, que l'on trouve dans les montagnes, en Suisse, par exemple.

Dans certaines de ces constructions, le bois est parfaitement travaillé, et le tout est fait avec recherche. Dans d'autres, le bois est brut ou à peu près : les murs et la toiture sont faits de madriers ou de troncs d'arbres à peine équarris, ou tout à fait bruts.

C'est le *sapin* qui est le plus employé pour ce genre de constructions. Cependant on en a vu en *mélèze* et en *cèdre*.

Des métaux dans les constructions.

45. — Les *métaux* employés dans les constructions sont assez peu nombreux. On n'utilise guère que le *fer*, le *plomb*, le *zinc*, le *cuivre*, le *laiton*, la *fonte*... ; mais le *fer* est de beaucoup le plus employé.

La rareté du bois de construction, qui se fait toujours plus grande, et les besoins de l'industrie, qui augmentent constamment, ont fait recourir au fer pour le remplacer là où c'est possible.

Les personnes qui ont vu monter l'Exposition univer-

selle de 1900, à Paris, peuvent se faire une idée de l'emploi du fer dans les constructions.

La galerie des machines élevée sur le Champ de Mars à Paris lors de l'Exposition de 1878 et la Tour Eiffel élevée pour celle de 1889, et la Grande Roue érigée en 1900 nous montrent quelles choses grandioses on peut faire avec le fer.

Dans les maisons ordinaires, dans les grandes villes, on met des poutres en fer pour supporter le parquet des divers étages, et même pour établir la charpente de la toiture.

On fait même aujourd'hui des maisons entièrement en fer; murs, toitures, etc.

On vitre souvent de grands espaces couverts, comme des cours. Ce sont des barres de fer qui maintiennent les vitres. Et au-dessus des vitres, pour les protéger, il y a encore des grillages en fer.

Des monuments à toitures et à façades vitrées, ont du fer pour maintenir les vitres : cela se voit à Paris, au Grand Palais, par exemple, inauguré en 1900, et aux Serres de la Ville de Paris établies sur les bords de la Seine, situées à côté du Grand Palais.

Des portes, des portails, des persiennes, sont aussi en fer, de même que les ferrures des portes en bois et des fenêtres.

La fonte sert à faire des colonnes pour supporter les murs au-dessus des devantures de magasins, des colonnes pour la descente de l'eau des toits des hautes maisons des villes. On l'emploie aussi pour faire des grilles ou balustrades de balcons.

Le plomb et le zinc réduits en lames servent à faire des toitures, remplaçant ainsi la tuile et l'ardoise.

Le plomb sert aussi à faire des conduites pour l'eau et

le gaz dans les constructions : maisons ou autres bâtiments.

Le zinc est aussi employé pour la confection des gouttières de toutes sortes.

Le plomb et le zinc n'étant pas rongés par la rouille, on les laisse à l'état naturel. Mais le fer exposé à la pluie ou à l'humidité doit être soigneusement recouvert de *peinture*. Autrement la rouille en aurait vite vu la fin.

Le papier.

46. — Vous savez que le papier dont chacun de vous se sert journellement est fabriqué avec des matières fort diverses, dont les chiffons ont été longtemps la matière

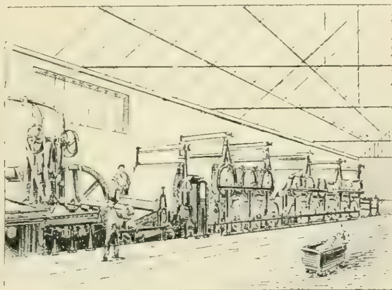


Fig. 44. — Fabrication du papier.

principale. On commence par les nettoyer et les blanchir ; ensuite des machines spéciales les *effilochent*, travail qui consiste à défaire ce qu'a fait le tisserand, en transformant le tissu en une fine *charpie* ; cette charpie est alors triturée dans l'eau et donne une véritable bouillie, nommée *pâte à papier*.

Quand la pâte est faite, elle tombe sur une toile sans fin, qui la conduit entre de nombreux cylindres ou rou-

leaux (fig. 44). La pression des premiers cylindres débarrasse peu à peu la pâte de l'eau qu'elle contient ; d'autres rouleaux, chauffés à l'intérieur, achèvent de la sécher. Lorsqu'elle arrive au bout de la machine, la pâte est transformée en une longue bande de papier qui s'enroule sur un tambour pour être ensuite découpée en feuilles.

Pendant longtemps, le papier a été fabriqué exclusivement *à la cuve*, c'est-à-dire à la main, mais aujourd'hui on le fabrique, de préférence, à la mécanique. Le travail est bien plus rapide, tout en donnant un aussi bon résultat.

Vous savez que le papier de vos cahiers ne boit pas l'encre comme celui des buvards et de la plupart de vos livres : c'est parce que ce papier est *collé* : l'opération qu'on lui fait subir s'appelle *encollage*. Il existe deux procédés d'encollage. Le premier consiste à enduire le papier d'une sorte de vernis composé d'alun et de gélatine ; le second, à mélanger à la pâte une certaine quantité d'amidon et de résine. Voilà pour le papier ordinaire, celui de vos cahiers, par exemple.

Quant aux autres papiers, la fabrication est à peu près la même ; elle diffère seulement dans les détails.

Le papier, aujourd'hui, a acquis une telle importance et embrasse des usages si divers, qu'on a pu appeler notre époque l'*ère du papier*.

Avec le papier, en effet, on fabrique jusqu'à des tentures, des rideaux, des meubles, des bouteilles, des assiettes, des plastrons, des cols et des manchettes.

Enfin, on a pensé à remplacer la plupart de nos ustensiles de cuisine par des ustensiles en papier.

On a même parlé d'en fabriquer des tonneaux pour mettre le vin et les autres liquides.

Papiers de tapisserie, ou de tenture, ou papiers peints.

47. — Les *papiers de tapisserie*, ou *de tenture*, ou *papiers peints* s'obtiennent par les mêmes procédés que les papiers ordinaires, les papiers à écrire.

On les orne de dessins à peu près de la même manière que l'on imprime les indiennes.

Les dessins s'appliquent sur le papier par l'imprimerie à la main ou à la mécanique.

Dans le premier cas, les dessins sont gravés en relief sur des planches de bois que l'ouvrier tient à la main, chargés de *mordant* ou de couleur, et appliqués ensuite sur le papier.

Dans le second, les dessins sont fixés sur un cylindre que fait tourner une machine à vapeur et qu'un mécanisme particulier couvre de matière colorante.

On conçoit aisément qu'il faille autant de planches, ou de cylindres, qu'il doit y avoir de nuances différentes.

Les papiers de tenture qui imitent le velours se font d'une façon toute particulière.

Après avoir appliqué un composé d'huile de lin et de céruse sur les parties que l'on veut *velouter*, on place le papier dans une caisse dont le fond, qui est de cuir, est recouvert de fragments de laine préalablement colorée et réduits en poudre très fine.

Frappant alors le cuir en dessous au moyen de baguettes, on fait sauter les fragments de laine, qui vont s'attacher sur les parties enduites de *mordant*.

Les diverses industries du bâtiment.

48. — Il y a diverses catégories d'ouvriers qui travaillent à la construction d'une maison (fig. 45).

D'abord, ce sont les terrassiers, qui creusent et enlèvent la terre pour faire une cave. Ils sont suivis du maçon, qui commence par bâtir dans la terre et établir ce qu'on appelle les *fondations*, et élève ensuite les murs après



Fig. 45. — Construction d'une maison.

avoir dressé des échafaudages. Si les solives sont en bois, elles sont posées par les charpentiers, qui auront encore à faire la charpente de la toiture.

Les plâtriers sont chargés de la confection des plafonds et souvent d'aplanir les murs à l'intérieur.

Les couvreurs viennent ensuite pour poser les tuiles ou les ardoises. Si la toiture est en zinc ou en tôle plombée, ce sont les plombiers qui sont chargés de cette besogne,

ainsi que de la pose des gouttières et des tuyaux de descente, qui doivent conduire l'eau jusqu'au sol.

Le gros œuvre de la maison étant achevé, les menuisiers arrivent pour faire le parquet, les portes, les fenêtres, etc., puis le fumiste, qui s'occupe des cheminées.

Les portes ont besoin de serrures et de clefs, de ferrures, ainsi que les volets. C'est le serrurier en bâtiment qui est chargé de cette besogne.

L'eau ferait pourrir les volets, le peintre les couvrira de peinture, ainsi que les boiseries de l'intérieur, pour qu'elles soient plus propres. Ce n'est pas tout. Le vitrier, qui est souvent, en même temps, le peintre, posera des vitres aux croisées pour empêcher la poussière, la pluie et le vent de pénétrer dans la maison.

Aujourd'hui, on ne se contente pas de laisser les murs blancs, on les recouvre de papier à l'intérieur.

QUESTIONNAIRE. — 41. Quels sont les principaux bois employés dans la construction? — 42. Quel est notre meilleur bois de construction? Que savez-vous sur le chêne? Qu'est-ce que le cœur de chêne? l'aubier? Dites ce que vous savez du châtaignier? de l'orme, du pin, du sapin, du peuplier? — 43. Quel est le moyen de rendre le bois incorruptible? — 44. Parlez des chalets suisses. — 45. Quels sont les métaux employés dans les constructions? Citez des monuments en fer. Comment emploie-t-on encore le fer dans les constructions? — 46. Que savez-vous de la fabrication du papier? — 47. Dites ce que vous savez des papiers de tapisserie. — 48. Quelles sont les principales industries du bâtiment?

DEUXIÈME PARTIE

L'AIR

Huitième leçon.

L'AIR NE LAISSE PAS D'ESPACE VIDE

49. — Si vous avez un verre ou un vase quelconque rempli d'eau, de vin ou de tout autre liquide, et que vous en versiez le contenu, il sera vide du liquide, mais l'*air* le remplira entièrement.

L'air est donc un corps.

Prenons un petit *ballon à sifflet*, complètement vide. Soufflons dedans... Il gonfle : c'est l'air que nous y introduisons qui le gonfle.

Encore une fois, *l'air est donc un corps*; c'est un gaz comme la vapeur d'eau.

Il passe par la plus petite issue, et n'est visible que sous une grande épaisseur. Dans un vase, dans une chambre même, il est *invisible*; mais, quand vous regardez au loin, les montagnes et les arbres vous paraissent bleus : c'est l'air placé entre vous et ces objets, qui a cette couleur.

Nous sommes toujours dans l'air, sans quoi nous ne pourrions vivre.

Soufflons légèrement la flamme d'une bougie, elle s'incline : c'est le fait de l'air. Soufflez sur votre main.

vous sentez *quelque chose* qui *glisse* dessus : c'est de l'air que vous avez mis en mouvement, c'est du vent, comme on dit ordinairement.

L'air comprimé a une grande force. Expérience du pistolet à bouchon.

50. — Voici un tube en verre, ouvert aux deux bouts. Y a-t-il de l'air à l'intérieur? Oui, assurément.

Je prends une baguette en bois, entourée d'un peu de filasse à l'une de ses extrémités, de manière qu'elle remplisse exactement, tout en glissant bien, l'intérieur du tube dans lequel je l'introduis. Cette baguette est un *piston*.

L'air du tube, pouvant sortir par l'extrémité opposée à celle par laquelle entre le piston, n'oppose aucune résistance à la marche de celui-ci.

Retirons le piston. Bouchons à présent fortement l'une des extrémités du tube, et introduisons de nouveau le piston dans le tube par l'autre extrémité. Il s'enfonce d'abord sans difficulté, puis avec moins de facilité. Enfin, la résistance augmente peu à peu, à mesure que le piston avance. Pourquoi cela? Parce que l'air emprisonné, qui a diminué de volume à mesure que l'espace compris entre le bouchon et le piston a diminué de longueur, et par conséquent de volume aussi, ne peut plus diminuer sous la pression que j'exerce en ce moment.

Mais, sachez bien qu'il y a toujours dans le tube le même poids d'air qu'il y avait au moment où j'y ai introduit le piston la dernière fois.

Si j'exerce un effort plus grand sur le piston, le *bouchon partira*, ou le tube éclatera.

Comme j'ai choisi un tube très fort, je peux pousser sans crainte de le faire éclater.

Le bouchon est parti; et cependant le piston n'était pas arrivé jusqu'à lui.

Qu'est-ce donc qui a pu chasser le bouchon? C'est l'air comprimé et pressé par le piston.

D'après ce que vous venez de voir, il vous est facile de comprendre pourquoi la balle de votre *pistolet à bouchon* (fig. 46) part avant que la baguette soit complètement enfoncée, et pourquoi le bruit est plus fort lorsque

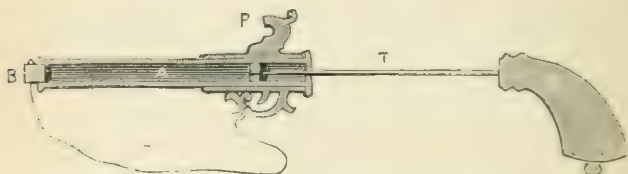


Fig. 46. — Pistolet à bouchon. — A, espace rempli d'air; B, bouchon retenu par la ficelle F; C, crosse avec tige T terminée par un bouchon.

vous soufflez dans le canon après avoir placé la balle et avant d'y mettre le piston.

En soufflant, vous emprisonnez une bien plus grande quantité d'air.

L'air emprisonné dans le canon, et *comprimé* entre le piston et la balle, agit comme un ressort et chasse la balle.

Une même quantité d'air occupe toujours tout l'espace qu'on lui donne : c'est que ce corps est susceptible d'augmenter et de diminuer de volume.

Aussi dit-on que *l'air est élastique, compressible.*

L'air exerce une pression sur les corps.

51. — La terre est entourée d'une épaisse couche d'air, vous le savez. Et lorsque vous dites : *Le ciel est bleu,*

vous devriez dire : *L'air est bleu*, car c'est l'air qui a cette couleur.

Et quand il a une couleur différente, celle-ci est généralement due à de la vapeur d'eau.

L'air étant un corps, est pesant, et doit, par conséquent, exercer une pression sur la terre et les objets situés à sa surface. C'est en effet ce qui a lieu.

L'air pèse tellement sur les corps qu'il exerce sur moi en ce moment une pression égale à 18 000 kilogrammes environ. Ce poids est celui d'une voiture chargée de fer, et que six ou sept chevaux auraient peine à traîner.

L'un de vous peut supporter à cette heure même environ 12 000 kilogrammes. Vous ne vous saviez pas si forts, vous qui avez de la peine à porter un seau d'eau de 20 kilogrammes.

Pour vous faire comprendre comment vous pouvez supporter un poids d'air si considérable, je vais vous rappeler ce qui s'est passé ici en présence de vous tous.

Hier, pendant la récréation, la porte s'est trouvée ouverte, et Jules a voulu la fermer, ce qu'il faisait sans peine en la poussant d'une main.

Arrive Gaston qui veut l'en empêcher. Voilà nos deux hommes qui se mettent un de chaque côté de la porte à moitié ouverte. Ils poussent l'un et l'autre de toutes leurs forces, et la porte ne se ferme ni ne s'ouvre davantage.

Pourquoi? Parce que Jules et Gaston étant de même force, poussaient la porte aussi fort l'un que l'autre. L'effort de l'un était détruit par l'effort de l'autre, et la porte, également poussée des deux côtés, se trouvait comme si elle n'eût pas été poussée.

J'ai permis cette petite lutte pour que vous compreniez mieux la leçon d'aujourd'hui.

Nous sommes, par rapport à l'air, dans le même cas que l'était la porte par rapport à Jules et à Gaston.

Pressés de tous les côtés, aussi bien à l'intérieur du corps qu'à l'extérieur, nous sommes comme si nous ne l'étions d'aucun côté.

Voilà pourquoi vous supportez sans vous en apercevoir 12 000 kilogrammes d'air environ, et moi, 18 000 kilogrammes.

Expérience de la carafe.

52. — Voici une expérience facile à faire et très intéressante, qui a, comme celle du pistolet à bouchon, pour but de démontrer la *pression* de l'air.

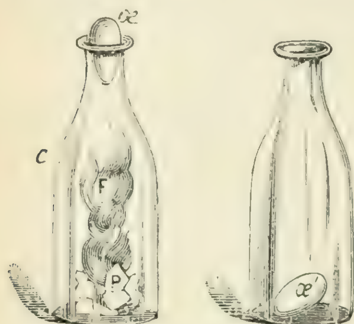


FIG. 47, 48. — Expérience de la carafe. — C, carafe; P, papier qui brûle; F, fumée; œ, œuf débarrassé de sa coquille: c' carafe dans laquelle l'œuf œ' est entré.

Après celle-ci, nous en ferons une série d'autres sur le même sujet.

Voici une carafe (fig. 47, 48) débouchée, et remplie d'air, comme vous le savez, puis un œuf cuit à la coque et durci, que je débarrasse de sa coquille.

Je le place, la pointe en bas, sur l'ouverture de la carafe. Pensez-vous qu'il puisse entrer dedans?

Non, n'est-ce pas? Il est beaucoup trop gros.

Eh bien, vous êtes dans l'erreur, si telle est votre pensée. Il y entrera, et cela sans que j'aie besoin d'appuyer dessus, ni même d'y toucher, une fois qu'il sera placé.

Je retire l'œuf... Je brûle du papier dans la carafe... et

replace l'œuf sur l'ouverture, comme tout à l'heure. Attention!... Il entre... Ah! vous avez eu peur.

Il n'était donc pas trop gros, puisqu'il est entré. Comment cela s'est-il fait?

C'est qu'il a été poussé par une bonne fée, sans doute. Non. Mais voici comment cet œuf a pu pénétrer par une ouverture aussi petite que l'est celle de la carafe.

La première fois que je l'ai placé sur l'ouverture de la carafe, il était poussé avec une égale force par l'air de la carafe et par l'air du dehors; ce qui l'a empêché de descendre.

Le feu de papier que nous avons fait dans la carafe a chauffé l'air qu'elle contenait, l'a rendu plus léger, l'a fait augmenter de volume et en a chassé une certaine partie.

Au moment où la carafe contenait moins d'air qu'auparavant, j'ai placé sur l'ouverture l'œuf qui l'a bien bouchée *tout de suite*, attendu que l'air extérieur *a poussé* plus fort que l'air intérieur.

La *pression* extérieure a donc été plus forte que la pression intérieure, et *l'œuf a été poussé* de haut en bas avec une force égale à la différence des *deux pressions*, des *deux poussées*. Voilà pourquoi il est entré.

C'est là une preuve bien évidente de la *pression de l'air.*

Autres preuves de la pression de l'air.
Expérience du verre renversé.

53. — Une autre preuve de la pression de l'air est la suivante (fig. 49) :

Couvrons d'une feuille de papier un verre complètement rempli d'eau, et ceci de manière que le papier adhère bien au bord du verre.

Renversons le verre sens dessus dessous. La feuille de papier, *pressée* par l'air, c'est-à-dire par l'atmosphère, empêche l'eau de tomber.

Si l'on ne peut réussir l'expérience ainsi, on place un livre sur la feuille de papier avant de renverser le verre. Une fois le verre renversé on ôte le livre, et le papier reste adhérent au verre.

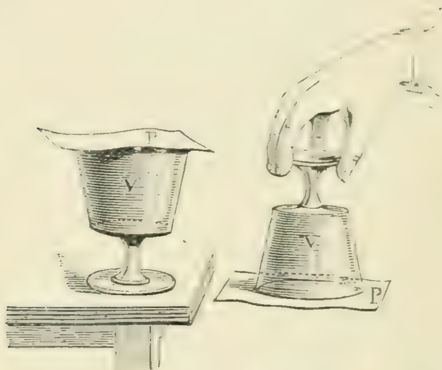


Fig. 49. — Expérience. — V, liquide ; P, papier.

Faisons encore l'expérience suivante :

Je verse dans une assiette un peu d'eau sur laquelle je place une feuille de papier légèrement froissée que j'enflamme au moyen d'une allumette. Je couvre d'un verre renversé le papier enflammé.

Le feu s'éteint après avoir chauffé l'air enfermé sous le verre. Cet air chauffé augmente de volume, sort en partie de dessous le verre, et l'eau de l'assiette, pressée par l'air atmosphérique, monte dans le verre.

Si l'on pose une planche à plat sur l'eau, il faut faire un effort considérable pour la séparer du liquide, attendu qu'elle est pressée par l'air de haut en bas seulement.

Si l'on applique une rondelle de cuir bien souple et humide sur une surface unie, une pierre par exemple, on l'en sépare difficilement en la tirant par une ficelle fixée en son milieu. Il faut vaincre la pression atmosphérique qui est d'environ un kilogramme par centimètre carré.

Deux lames de verre appliquées l'une sur l'autre sont difficiles à séparer par soulèvement. C'est encore la pression atmosphérique qui les fait adhérer l'une à l'autre.

Une pièce de monnaie un peu usée, qu'on applique contre un mur, une porte, en la glissant de bas en haut, et en appuyant du bout des doigts, reste adhérente à l'objet lorsqu'on retire la main. On peut facilement faire adhérer la pièce à son front. C'est toujours l'air qui presse la pièce d'un côté seulement.

Faisons encore l'expérience suivante :

Je remplis d'eau un tube de verre fermé à un bout. Je ferme l'autre extrémité avec le doigt, je renverse le tube, et je plonge dans l'eau d'un verre cette extrémité du tube. Je retire mon doigt, et l'eau reste suspendue dans le tube : ce qui est encore une preuve de la pression de l'air.

QUESTIONNAIRE. — 49. L'air est-il un corps? Qu'est-ce qui nous le prouve? — 50. Comment pourriez-vous montrer que l'air comprimé a une grande force? Que signifie : l'air est élastique, compressible? — 51. L'air exerce-t-il une pression sur les corps? Comment se fait-il qu'il ne nous écrase pas? — 52. Décrivez l'expérience de l'œuf et de la carafe? — 53. Citez d'autres preuves de la pression de l'air. Comment fait-on l'expérience du verre renversé sur une feuille de papier? sur l'assiette? Quelles autres expériences connaissez-vous.

Neuvième leçon.

PREUVES DE LA PRESSION DE L'AIR (*suite*)

Comment l'eau monte dans le tuyau de la pompe.

54. — Bien des fois déjà, j'ai entendu des personnes demander comment l'eau monte dans le tuyau d'une pompe. Je vais essayer de vous le faire comprendre.

C'est la pression de l'air qui fait monter l'eau dans le tuyau d'une pompe.

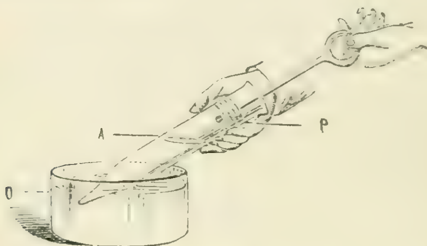


Fig. 50. — Petite seringue pour montrer l'amorcement d'une pompe. — O, vase contenant de l'eau : A, niveau du liquide dans la seringue ; P, piston.

Voici une petite *seringue* (fig. 50) connue sous le nom de *compte-gouttes* : c'est, vous le voyez, un tube en verre terminé en pointe, et dans lequel on peut mettre un piston.

En ce moment, le tube est plein d'air.

J'y introduis le piston, qui s'enfonce jusqu'à l'extrémité opposée à celle par laquelle il est entré, en chassant l'air devant lui.

Si le bout effilé du tube était fermé par un bouchon, vous savez ce qui arriverait : le piston ne pourrait avancer sans chasser le bouchon, ou sans briser le verre.

A présent, je retire le piston lentement, et l'air entre à son tour dans le tube par l'extrémité effilée. J'enfonce à présent le piston jusqu'au fond du tube, et plonge dans l'eau le bout effilé.

Je retire lentement le piston. Que se passe-t-il? L'eau monte dans le tube. Ce qui a fait dire autrefois que *l'eau a horreur du vide.*

Il n'en est rien. C'est la pression de l'air sur la surface de l'eau du vase, qui fait monter le liquide dans la seringue.

Pour que vous voyiez mieux, j'ai coloré l'eau avec un peu d'encre.

Si maintenant je pousse le piston, l'eau sort par où elle est entrée.

Ce qui se produit ici en petit, se produit en grand dans le tuyau de la pompe du puits.

Servons-nous à présent d'un long tube muni d'une ouverture sur le côté.

Le trou du côté étant fermé par un bouchon, je remplis le tube comme tout à l'heure j'ai rempli la seringue.

Celui-ci étant plein d'eau, je bouche l'ouverture de l'extrémité inférieure pour empêcher le liquide de s'écouler par là. La figure 51 explique l'expérience.

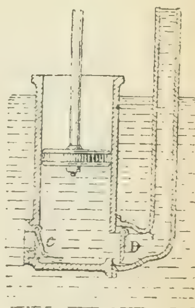


Fig. 51. — Pompe foulante.

Je presse sur le piston pendant que Maurice enlève le bouchon situé sur le côté du tube.

Vous voyez que l'eau sort par cette ouverture.

La même chose a lieu dans la pompe du puits, où les ouvertures du tuyau sont munies de *petites portes* appelées *soupapes* (fig. 52, 53), ce qui permet à la pompe de fonctionner régulièrement.

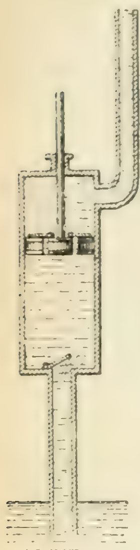


Fig. 52. — Pompe aspirante.

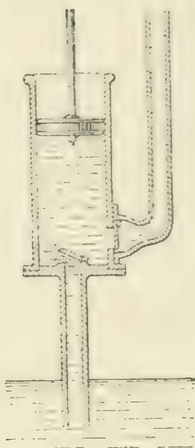


Fig. 53. — Pompe aspirante et foulante.



Fig. 55. — Pipette.

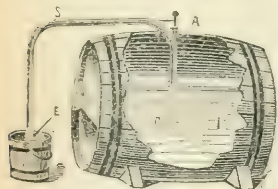


Fig. 54. — Siphon pour transvaser les liquides. — I, liquide du tonneau; OE, extrémités du siphon S; A, tuyau pour amorcer le siphon.

C'est encore la pression de l'air qui fait monter le liquide dans le *siphon* (fig. 54) dont on se sert pour transvaser le vin et les autres liquides, c'est-à-dire pour les changer de vase.

C'est encore la pression de l'air qui fait monter le liquide dans les *pipettes* (fig. 55) qui servent pour prendre un échantillon de vin par le trou de bonde d'un tonneau.

Emploi du siphon.

55. — Le *siphon* est un tube recourbé deux fois, à branches ordinairement inégales.

On peut improviser un siphon avec deux tubes en métal ou en verre, que l'on réunit par un caoutchouc.

On plonge le bout libre de l'un des tubes dans un vase contenant de l'eau et l'on aspire par l'extrémité libre de l'autre tube. Comme on aspire l'air, le vide tend à se faire dans le siphon, mais l'eau prend la place de l'air et monte dans la première branche pour descendre dans la deuxième. Si l'on abandonne l'appareil, l'eau s'écoule. Le niveau du liquide baisse dans le premier vase et s'élève dans l'autre. Mais l'écoulement cesse si le niveau du liquide arrive à être le même dans les deux vases.

C'est encore la pression que l'air exerce sur le liquide du premier vase qui fait monter ce liquide dans la première branche du siphon, par suite du vide qui s'y est produit sous l'action de l'aspiration.

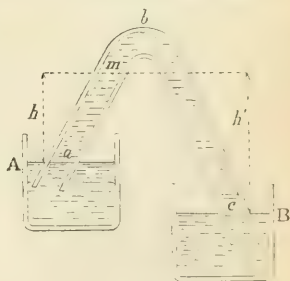


Fig. 56. — Siphon improvisé.

On dit que le siphon s'amorce quand le liquide commence à monter dedans.

Un tube en caoutchouc peut à lui seul constituer un siphon (fig. 56).

On presse entre les doigts l'une des extrémités du tube et ceci des deux mains. La main la plus près du bout reste en place, pendant que l'on glisse l'autre main jusqu'à l'autre extrémité du tube en aplatissant ce dernier sur toute sa longueur. Le vide s'est donc produit dans le tube puisqu'on en a chassé l'air par la pression.

Le tube étant vide et maintenu aux deux bouts, on plonge dans l'eau l'une des extrémités et l'on cesse de la presser. L'eau pénètre dans le tube, et le *siphon est amorcé*. Il suffit de cesser de presser l'autre extrémité du tube pour que l'eau s'en écoule.

Le baromètre.

56. — De toutes les expériences que nous avons faites pour prouver la pression de l'air, pas une n'a pas pu nous indiquer cette pression d'une manière exacte, n'a pu, en un mot, la mesurer.

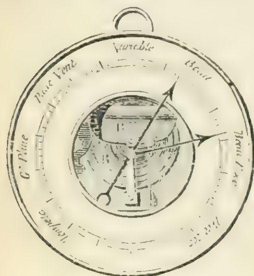


Fig. 57. — Baromètre métallique.

Mais il existe un instrument qui sert à la mesurer : c'est le *baromètre* (fig. 57).

Si nous voulons le définir nous dirons : *Le baromètre est un instrument de physique qui sert à mesurer la pression de l'air.* On pourrait aussi dire : *à mesurer la pesanteur de l'air.*

Il sert aussi à *mesurer les altitudes*, à donner des indications probables sur le temps, d'après la densité de l'atmosphère.

Il y a plusieurs sortes de baromètres, mais l'un des plus employés est le *baromètre métallique* (fig. 57).

C'est une sorte de boîte élastique en métal, B, dont l'un des bouts fait déplacer une aiguille sur un cercle portant des divisions régulières.

La boîte change de forme suivant la *pression de l'air*. En changeant de forme la boîte pousse l'aiguille dans un sens ou dans l'autre.

Quand la pression de l'air augmente, la boîte pousse l'aiguille *à droite*. Si la pression de l'air diminue, l'aiguille tourne *à gauche*. Le temps qu'il fait est sous la dépendance de la pression de l'air.

Le *cadran* porte sur son pourtour les indications suivantes; en partant de gauche en bas :

Tempête.	*Beau temps.*
Grande pluie.	*Beau fixe.*
Pluie ou vent.	*Très sec.*
Variable.	

Ces mots indiquent le *temps probable* quand l'aiguille est devant l'un d'eux.

J'ai dit *temps probable*, car il arrive que ce n'est pas exact.

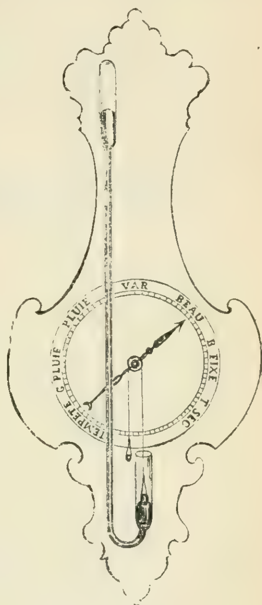


Fig. 58. — Baromètre à cadran ou à siphon.

Un autre baromètre est celui à *siphon* (fig. 58). C'est un tube recourbé à deux branches fort inégales renfermant du mercure ; la plus longue branche porte les divisions et subdivisions que nous avons vues sur le cadran du premier baromètre. La lecture du temps probable est la même dans les deux instruments.

Questionnaire. — 54. Qu'est-ce qui fait monter l'eau dans la pompe? Quelle expérience feriez-vous pour le démontrer? Qu'est-ce qui fait monter un liquide dans un siphon et dans une pipette? — 55. Qu'est-ce que le siphon? A quoi sert-il? Comme l'amorce-t-on? Comment peut-on improviser un siphon? — 56. Qu'est-ce qu'un baromètre? A quoi sert-il? Décrivez-le.

Dixième leçon.

DES PHÉNOMÈNES DE L'ATMOSPHÈRE. L'ORAGE

Phénomènes de l'atmosphère.

57. — Certains phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère ont, de tout temps, préoccupé les peuples et les savants eux-mêmes. Quelques-uns nous sont bien connus aujoud'hui. D'autres appartiennent encore au domaine des mystères.

Nous ne parlerons ici que du phénomène appelé *orage*

Le mot *orage* a d'abord servi à désigner un souffle impétueux de vent. Aujourd'hui, on entend plutôt par ce mot un *trouble de l'atmosphère, consistant le plus souvent en vent violent, pluie ou grêle, éclairs et tonnerre.*

Mais nous disons souvent qu'il y a eu de l'orage sans qu'il y ait eu tout cela.

Le bâton de cire et le porte-plume en caoutchouc.

58. — Les orages causent de la frayeur à tout le monde, mais principalement aux personnes qui ne se rendent compte de rien. Il est donc bon de chercher à bien comprendre comment ils se produisent.

Ce soir, quand il fera bien nuit, prenez un chat, passez et repassez votre main sur son dos, et vous verrez une lueur qui vous rappellera un peu celle qu'on obtient en frottant une allumette dans l'obscurité. Vous entendrez

peut-être même un léger *crépitement*. Mais, comme nous n'avons pas de chat ici, et qu'il ne fait pas nuit, servons-nous d'un bâton de cire à cacheter et d'un morceau d'étoffe, ou de la manche de notre habit en drap.

Je frotte le bâton de cire avec l'étoffe, et j'en approche l'extrémité de petits morceaux de papier qui sont attirés et viennent s'attacher à la cire (fig. 59). Les savants disent que, dans cet état, le bâton de cire est chargé d'*électricité*, qu'il est *électrisé*.

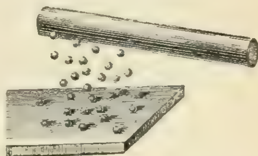


Fig. 59. — Expérience du bâton de cire à cacheter.

Faites cela ce soir chez vous dans l'obscurité, et approchez le bâton de votre oreille : vous entendrez peut-être un petit bruit. Frottez de nouveau le bâton et approchez-le de l'oreille d'une autre personne : vous verrez peut-être une lueur, une *étincelle électrique*, jaillir entre les deux objets.

C'est l'électricité qui, en traversant la couche d'air placée entre l'oreille et le bâton de cire, produit ce bruit et cette étincelle.

Un porte-plume en caoutchouc produirait le même effet que le bâton de cire, mais à un moindre degré.

L'éclair, le tonnerre, la foudre.

59. — S'il s'est produit une étincelle entre l'oreille de votre voisin et le bâton de cire, c'est que tous les deux étaient électrisés.

En temps d'orage, la même chose se passe entre deux nuages assez rapprochés l'un de l'autre. Leurs électricités se combinent et l'étincelle électrique qui en résulte donne cette lueur souvent en zigzag que l'on aperçoit dans l'air, et qu'on appelle l'*éclair*.

Le petit bruit que vous avez entendu en approchant le bâton de cire de votre oreille, se produit en grand entre les nuages lorsque l'étincelle prend naissance. Ce bruit est le *tonnerre*.

Cette décharge d'électricité qui a lieu entre deux nuages est encore appelée la *foudre*; mais on lui donne plus particulièrement ce nom quand elle a lieu non plus entre deux nuages, mais entre un nuage et la terre, ou un nuage et un arbre, un clocher, etc... C'est pourquoi vous entendez dire : *La foudre est tombée.*

Expérience de Franklin.

60. — Parmi les nombreuses découvertes de Benjamin Franklin, celle du *paratonnerre* a le plus contribué à populariser son nom.

On savait très peu de chose sur la nature de la *foudre*, lorsque Franklin parvint à produire au moyen de l'étincelle électrique des phénomènes comparables à ceux qu'on observe sur les objets foudroyés.

Il pensa donc qu'il devait y avoir de l'électricité dans les nuages. Il ne lui manquait alors que la preuve de ce qu'il supposait, pour pouvoir affirmer l'identité de la foudre et de l'électricité de nos machines électriques.

A peu près à la même époque, notre savant découvrit que les pointes ont le pouvoir d'attirer l'électricité. Aussitôt il pensa qu'au moyen d'une pointe placée sur un édifice élevé, il recueillerait l'électricité des nuages.

Franklin publia ses idées et le moyen de les mettre à exécution.

Le 20 mai 1752, on fit l'expérience à Marly-la-Ville, près de Paris.

Le 22 juin de la même année, par un jour d'orage, Franklin sort de Philadelphie, seul avec son fils qui porte

un cerf-volant armé d'une pointe métallique, laquelle doit arracher aux nuages leur terrible secret.

On lance le cerf-volant (fig. 60). Arrivé à une grande hauteur, on attache à un arbre la corde qui le retient et l'on suspend une clé à cette même corde.



Fig. 60. — Expérience de Franklin.

Franklin pense que l'électricité du nuage *soutirée* par la pointe du cerf-volant devra suivre la corde, passer dans l'arbre et se répandre dans le sol. Mais pour l'empêcher de se perdre ainsi, l'expérimentateur a remplacé une portion de la corde située entre la clé et l'arbre, par une *corde en soie*, car il sait que la soie laisse passer difficilement l'électricité.

S'il y a de l'électricité dans le nuage, se dit-il, la clé

devra donner des étincelles lorsqu'on en approchera la main, comme cela se produit dans les machines électriques des laboratoires.

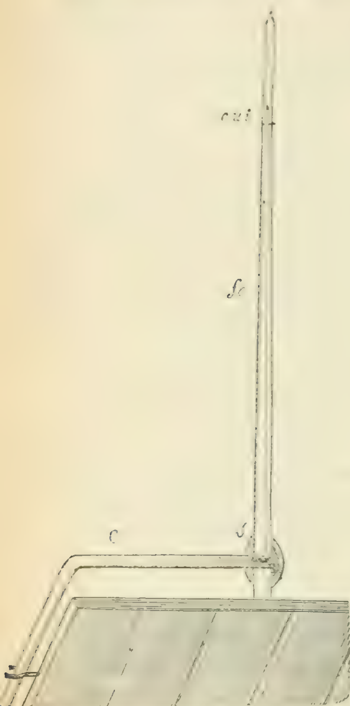


Fig. 61.— Paratonnerre.

Très anxieux, Franklin approche la main, mais rien ne se produit. Il croit qu'il a mal pensé. Mais voilà qu'une averse tombe, mouille la corde qui retenait le cerf-volant et la rend meilleure conductrice de l'électricité. Toujours très anxieux, il approche de nouveau la main, et, oh merveille ! il voit jaillir une vive étincelle, puis une autre, puis d'autres encore.

Quelle joie pour lui.

C'était bien vrai : la foudre est produite par l'électricité.

La découverte de la nature de la foudre amena Franklin à l'invention d'un appareil destiné à prévenir les effets si terribles.

Cet appareil est le *paratonnerre* (fig. 61), dont le premier fut établi par le savant lui-même dans sa bonne ville de Philadelphie, en 1757.

Mais le paratonnerre devrait s'appeler *parafoudre*, car c'est de la foudre et non du tonnerre, qu'il protège.

Le paratonnerre préserve de la foudre.

61. — Le *paratonnerre*, instrument destiné à garantir les édifices de la foudre, se compose d'une tige en fer terminée par une pointe en platine, métal qui ne se rouille pas et résiste à une très forte chaleur sans se fondre. Cette pointe peut encore être en fer doré.

Le paratonnerre est en communication par sa base avec une barre en fer qui parcourt tout le faîte du bâtiment, puis avec un câble ou une corde du même métal, qui descend le long du bâtiment sans y toucher, et s'engage dans un puits contenant de l'eau ou de la braise de boulanger, où l'électricité se perd.

Quand un nuage vient à passer au-dessus d'un édifice surmonté d'un paratonnerre, son électricité se dirige vers la pointe du paratonnerre, suit le paratonnerre, la barre de fer fixée au faîte du bâtiment, le câble métallique, et va se perdre dans la terre. De cette manière le monument est préservé de la foudre.

Si c'est un bâtiment de grande étendue, on le surmonte de plusieurs paratonnerres.

La base du paratonnerre repose sur un godet en porcelaine. La porcelaine ne se laissant pas parcourir par l'électricité, le bâtiment est ainsi isolé. C'est cette propriété de la porcelaine qui l'a fait employer pour faire les godets que l'on voit sur les poteaux télégraphiques, et qui supportent les fils télégraphiques (fig. 62).

Les effets de la foudre sont terribles.

62. — La foudre est quelque chose de bien terrible. Elle *tombe* le plus souvent sur des objets élevés : les clochers, les monuments, les arbres...

La foudre est capable de tout briser, de tout fondre, de tout brûler. Elle peut mettre le feu à une maison, à un tas de paille ou de blé, comme cela se voit malheureusement trop souvent. Elle tue l'homme et les plus grands animaux. Presque toutes les personnes tuées par la foudre l'ont été sous des arbres où elles s'étaient réfugiées à l'abri de la pluie. Mieux vaut donc se mouiller.

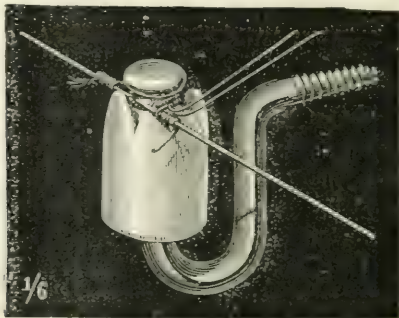


Fig. 62. — Champignon en porcelaine supportant les fils télégraphiques.

Ainsi ne vous réfugiez jamais sous les grands arbres en temps d'orage.

Il est également dangereux de porter sur l'épaule, quand il fait de l'orage, des objets en métal, ou à pointe métallique, dont l'extrémité serait dirigée en haut, tels que bâtons ferrés, fourches, faux, etc.

Un domestique de ferme, dans la Meuse, en 1879, surpris par l'orage, revenait à la maison en courant, tenant sur son épaule, la pointe en l'air, une longue fourche en fer dite *fourche américaine.*

Tout à coup, il ressentit une forte commotion et fut jeté par terre, après avoir senti la fourche violemment arra-

chée de sa main. L'instrument fut retrouvé, après l'orage, à une distance de cinquante mètres. Les deux branches avaient été tordues en tire-bouchon. L'acier était brûlé et s'en allait en petites lamelles qui dégageaient une légère odeur de soufre; et les deux pointes étaient étirées de plusieurs centimètres.

Quant à l'homme, après être resté quelques minutes étourdi par la détonation, il est rentré à la ferme, sans autre mal, heureux d'en être quitte à si bon compte.

En 1895, dans les Deux-Sèvres, un chasseur, portant son fusil sur l'épaule au moment d'un orage, fut foudroyé.

Le 5 mai 1879, près de Sheffield, la foudre quitta le paratonnerre d'une maison et se précipita sur un tuyau de gaz; ce tuyau en plomb ayant été fondu, le gaz prit feu et il se produisit une explosion formidable.

Le même soir, une église fut frappée de la foudre qui suivit d'abord le conducteur du paratonnerre jusqu'à proximité d'une conduite de gaz; là, l'étincelle atteignit ce tube, le fondit encore, et produisit l'inflammation du gaz.

Dans un autre endroit, la foudre n'ayant pu être conduite au réservoir, passa dans une tige de fer située dans le voisinage, en produisant une explosion.

Tout ceci démontre clairement qu'on doit bien se garder de placer des tuyaux ou des barres de fer près des paratonnerres ou de leurs conducteurs.

Comment on peut savoir à quelle distance est l'orage.

63. — La *lumière* parcourt l'espace avec une rapidité étonnante. Mais le *son* va beaucoup moins vite. Il ne parcourt que 340 mètres à la seconde. Or le temps que met

la lumière à parcourir cette petite distance est infiniment court.

Aussi peut-on le négliger dans le calcul de la distance qui nous sépare du point d'où part le coup de tonnerre que nous entendons. Alors on suppose voir l'éclair au moment même auquel il se produit.

Et c'est vrai en somme.

Ainsi donc, si l'on entend le bruit une seconde après qu'on a vu l'éclair, c'est que le coup s'est produit à 340 mètres de nous.

Si ce bruit nous parvient deux secondes après l'apparition de l'éclair, le coup de tonnerre s'est produit à $340 \times 2 = 680$ mètres de nous. Et ainsi de suite.

A défaut de montre marquant les secondes, on peut compter les battements du pouls qui bat environ une fois par seconde.

QUESTIONNAIRE. — 57. Qu'est-ce qu'on entend par le mot orage? — 58. Quelle expérience peut-on faire avec un chat et un bâton de cire ou un porte-plume en caoutchouc? — 59. Qu'est-ce que l'éclair, le tonnerre, la foudre? — 60. Que savez-vous des expériences de Franklin avec son cerf-volant? Quelle invention est sortie de ces expériences? — 61. A quoi sert le paratonnerre? Décrivez le paratonnerre et ses accessoires. Comment se fait-il que le fluide électrique ne frappe pas le bâtiment sur lequel est le paratonnerre? — 62. Quels sont les effets de la foudre? Citez des exemples de personnes et d'objets frappés par la foudre? — 63. Comment pouvez-vous savoir à quelle distance vous êtes de l'orage?

Onzième leçon.

LE VENT

Le vent est de l'air en mouvement.

64. — Le *vent* est une chose bien curieuse. On ne le voit pas, et cependant il est fort, capable de renverser les maisons et de déraciner les grands chênes de la forêt.

S'il existait une personne n'ayant jamais senti de vent, et à qui vous diriez : *il existe quelque chose d'invisible capable de tout renverser*; elle vous répondrait : c'est un conte de fées; elle n'y croirait pas le moins du monde.

Cependant c'est la vérité. Qu'est-ce donc que le vent? Soufflez sur votre main. Que sentez-vous? quelque chose qui la frôle. C'est du vent; c'est l'air qui était entre votre bouche et votre main, dans votre poitrine, que vous avez lancé sur votre main. Nous pouvons dire : *Le vent est de l'air en mouvement.*

Placez devant un bon feu de cheminée une bougie allumée, la flamme s'inclinera vers le feu. Pourquoi? Parce que l'air chaud monte dans la cheminée, pendant que l'air plus froid de la chambre vient le remplacer et s'élève à son tour, et ainsi de suite. L'air froid est plus lourd que l'air chaud. Il se tient plus bas. Voici encore une expérience bien simple que vous pourrez faire chez vous.

Allumez du feu dans la cheminée d'une chambre qui communique avec une autre chambre dans laquelle il n'y aura pas de feu, et fermez la porte de communication. Quand l'air de la première chambre sera bien chaud, ouvrez très peu la porte de communication et placez une

bougie allumée dans l'entrebâillement, sur le parquet, vous verrez la flamme s'incliner vers la chambre chaude poussée par l'air froid qui arrive.

Placez ensuite votre chandelle vers le haut de la porte, la flamme s'inclinera vers la chambre froide poussée par l'air chaud de la première (fig. 63).



Fig. 63. — Expérience de Franklin.

Enfin, placez votre bougie au milieu de la hauteur de la porte, à la hauteur de la serrure, par exemple, la flamme restera droite attendu qu'elle sera poussée des deux côtés à la fois et avec la même force. Elle se trouve dans le même cas que la porte de la classe, poussée à la fois par nos deux hercules.

Nous avons vu que le vent est de l'air en mouvement; mais comment s'y met-il?

Vous savez qu'il fait très chaud à l'équateur; que le soleil y chauffe fortement l'atmosphère : supposez que l'air chaud monte et que de l'air plus froid vienne le remplacer, s'échauffe à son tour et ainsi de suite, et vous aurez une idée de la manière dont les vents prennent naissance.

Et si tout se passait aussi régulièrement à la surface de la terre que dans nos chambres, quand nous plaçons une bougie allumée devant un bon feu, ou dans une porte entrebâillée faisant communiquer une pièce chauffée avec une pièce plus froide, le vent devrait toujours souffler, en France, dans la direction du nord au sud, du pôle nord à l'équateur; mais les montagnes et bien d'autres causes en changent souvent la direction.

Pour s'assurer que l'air chaud monte il suffit de jeter de très petits morceaux de papier sur une pelle chauffée au rouge. Les morceaux de papier ne touchent même pas la pelle, ils sont emportés en haut par l'air chauffé au contact de la pelle. On peut faire la même expérience avec un poèle chauffé à blanc.

Le vent est plus utile que nuisible.

65. — A ne considérer les effets du vent que par les tempêtes dans lesquelles il fait sombrer les navires en pleine mer, ou déracine les arbres et renverse les maisons, il est nuisible. Mais il faut reconnaître son utilité.

C'est lui qui pousse les ailes du moulin à vent, et le fait tourner pour écraser le blé qui donne la farine. C'est encore lui qui empêche l'air des grandes villes de devenir malsain, en le renouvelant à chaque instant, et en emportant au loin les odeurs malsaines qui empesteraient l'air et empoisonneraient les habitants.

Lorsqu'on entre le matin dans une chambre où il y a eu la veille au soir un repas d'un grand nombre de personnes, si les portes en ont été fermées toute la nuit, et lors même qu'on enlève de la chambre la vaisselle, les restes, les os, etc., on sent une odeur désagréable ; l'air de la chambre est empesté.

Si nous n'avions jamais de vent, l'air des grandes villes serait toujours un foyer d'infection.

Trombes, ouragans, cyclones, tempêtes.

66. — La rencontre de deux courants de vent peut produire quelque chose de terrible, soulevant à une grande hauteur une colonne liquide si cela a lieu sur l'eau, une colonne de poussière si la chose se passe à la surface du sol.

On a vu des colonnes de poussière qui, aperçues de loin, faisaient croire à un terrible incendie : la poussière était prise pour de la fumée. Ces colonnes d'eau, de poussière et d'air, mises en tourbillons par le vent, s'appellent des *trombes*.

Un tourbillon de vent capable de tout balayer sur son passage est un *cyclone*.

Les *ouragans* et les *tempêtes* sont à peu près la même chose.

Le mot *cyclone* a deux sens. Il signifie une *tempête*, un *ouragan* : mais il signifie aussi *dépression barométrique*. Or, la dépression barométrique est le signe certain d'une diminution de pression dans une certaine région.

Si la pression de l'air diminue dans une région du globe, il se produit, autour de la *dépression*, un mouvement circulaire comme celui d'un tourbillon.

Ce mouvement tournant peut donner naissance à des vents modérés, comme à de véritables tempêtes : et ce sont les plus violentes tempêtes que l'on appelle *cyclones*.

Les cyclones, étant des tourbillons, tournent donc sur eux-mêmes. Mais tout en tournant sur eux-mêmes, ils avancent. On peut donc comparer ces deux mouvements à une toupie qui *fauche*, c'est-à-dire qui court en tournant sur elle-même.

Les cyclones prennent naissance dans le golfe du Mexique ou dans la mer des Antilles. Ils sont en général fréquents de juillet à octobre.

C'est surtout aux Antilles qu'ils sévissent, et ce que nous en voyons de temps en temps suffit à peine pour nous donner une idée de ce qui se passe là-bas.

Le 8 octobre 1780, un ouragan traversa les petites Antilles. Il coula la flotte de l'amiral Rodney et arracha les toits de tous les édifices. Aux îles Barbades, l'amiral Hathom perdit 6 vaisseaux.

A Sainte-Lucie, 6 000 personnes furent écrasées sous les décombres; les hommes et les animaux étaient soulevés de terre et jetés au loin; la mer fut *pompée*; elle s'éleva si haut qu'elle démolit le fort et lança un navire sur l'hôpital militaire, qui fut enfoncé sous son poids.

A la Martinique, le fléau rencontra 50 vaisseaux français, portant 6 000 hommes de troupes, 6 bâtiments à peine échappèrent; les autres disparurent.

9 000 personnes périrent à la Martinique, 1 000 à Saint-Pierre, où pas une maison ne resta debout.

A Port-Royal, la cathédrale, 7 églises et 1 000 maisons furent enlevées, et 6 000 malades écrasés dans l'hôpital. La mer était couverte d'épaves et de cadavres.

Le 10 octobre 1786, un grand ouragan écrasa des villes, coula des flottes dans les Antilles; mais il fit un miracle : il réconcilia les Français et les Anglais près d'en venir aux mains.

En 1844, à la Havane, du 4 au 7 octobre, 70 navires furent démâtés ou engloutis.

En 1848, à la Havane encore, 2 000 maisons furent renversées, plus de 5 000 endommagées; 235 navires furent coulés, 48 avariés. Le cyclone avait 34 kilomètres de large.

De février 1880 à septembre 1887, on a compté dans ce malheureux pays de la Havane 171 cyclones, 170 personnes tuées, 539 blessés, 788 maisons démolies, et quantité d'autres dégâts.

Dans la nuit du 20 au 21 mars 1879, un cyclone s'est déchaîné à l'île Saint-Denis : 35 personnes furent tuées et un grand nombre blessées, et plusieurs familles ont disparu avec l'îlot qu'elles habitaient.

Un des cyclones les plus terribles a été celui de la Martinique du 18 août 1891.

Un cyclone en France.

67. — Le 10 août 1902, le canton d'Issy-l'Évêque, arrondissement d'Autun (Saône-et-Loire), a été dévasté par un *cyclone* qui a semé partout sur son passage la ruine et la désolation.

A Gruryt et dans plusieurs autres localités, les toits de plusieurs maisons ont été enlevés par la rafale.

A Champcery, une maison s'est écroulée, ensevelissant ses habitants.

A Issy-l'Évêque même, une ferme récemment construite s'est écroulée, tuant une femme et blessant plusieurs personnes. Un jeune pâtre fut emporté par l'ouragan.

Un charme a été enlevé comme un fétu de paille et transporté à un kilomètre.

Une *trombe* a complètement desséché un étang, arraché tout un bois et emporté les meules de blé dans les champs.

A Luzy, des employés de la ligne du chemin de fer ont été transportés à vingt mètres de leur chantier. La campagne fut totalement dévastée.

Du rôle de l'air dans la respiration et dans l'hygiène.

68. — *Pour vivre, il faut manger*, dit-on quelquefois : c'est la vérité; mais aussi *pour vivre, il faut respirer*.

Respirer, c'est introduire dans son corps, dans les *poumons*, une certaine quantité d'air qui revivifie le sang, en lui fournissant l'oxygène dont il a besoin pour entretenir sa chaleur. Aussi l'*air* est-il indispensable à la vie. L'action de respirer se nomme *respiration*.

L'air est un mélange de deux gaz : l'*azote* et l'*oxygène*. L'oxygène seul est indispensable à la vie. L'azote pur est impropre à la respiration, et son rôle ici semble être de modérer l'ardeur de l'oxygène.

L'air s'introduit par le nez et par la bouche, d'où il passe dans le *pharynx*, comme les aliments; mais, au lieu d'entrer dans l'œsophage, il pénètre dans le conduit respiratoire, qui se compose du *larynx* continué par la *trachée-artère*, laquelle se divise en deux branches nommées *bronches*.

Les *bronches* (fig. 64) pénètrent dans deux *masses spongieuses* et s'y divisent en une infinité de *rameaux* terminés en doigts de gant.

Ces deux masses spongieuses, remplies de cavités, sont les *poumons*, que les bouchers appellent *foie blanc* dans le bœuf et quelques autres animaux.

C'est dans les *poumons* que s'opère le mélange de l'air et du sang.

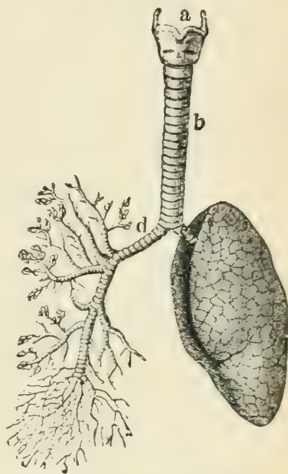


Fig. 64. — Appareil respiratoire. — *a*, pharynx; *b*, trachée-artère; *d*, bronche.

Le sang partant du ventricule gauche du cœur et se rendant dans toutes les parties du corps pour y porter la vie, abandonne une partie de lui-même et perd ainsi sa qualité essentielle, qu'il retrouve dans les poumons : voilà pourquoi le sang va faire un tour aux poumons avant de revenir dans la partie gauche du cœur pour retourner dans les différentes parties du corps.

Le sang, qui s'était vicié en *abandonnant*, dans toutes les parties du corps, des matériaux de construction et de réparation, s'empare de l'oxygène de l'air et redevient propre à recommencer son travail.

De noir qu'il était, il est devenu rouge.

L'oxygène, ainsi emporté par le sang dans tout le corps, rencontre sur son passage des matières qui sont les parties usées de notre être, s'unit à elles et forme de l'acide carbonique que nous rejetons par les narines et par la bouche.

Il se produit ainsi dans notre corps une combustion semblable à celle qui se fait dans un poêle.

Il y a, dans l'acte de la respiration, deux mouvements, deux actes, tout à fait l'inverse l'un de l'autre : l'*inspiration* par laquelle nous introduisons de l'air dans nos poumons, et l'*expiration* par laquelle nous chassons au dehors l'acide carbonique qui nous serait nuisible.

Pendant l'*inspiration*, les côtes s'écartent de chaque côté, les épaules s'élèvent, le sternum se porte en avant et en haut; en un mot, la poitrine se dilate, s'agrandit.

Pendant l'*expiration*, au contraire, les parois de la poitrine reprennent leur place primitive et le trop-plein est obligé de sortir.

Vous pouvez encore vous faire une idée assez exacte de l'*appareil respiratoire* de la manière suivante :

Représentez-vous une énorme grappe de raisin, pourvue d'une longue queue divisée en deux branches à peu près de même grosseur et de même longueur; supposez ensuite que chacune de ces branches se ramifie plusieurs fois et porte par conséquent un nombre considérable de *grains* logés dans les cavités d'une éponge, et vous aurez une idée assez exacte de l'*appareil respiratoire*. Ainsi, la grappe primitive est composée de deux *grappes* représentant les deux poumons.

La queue du raisin représente le conduit partant du *pharynx* ou *arrière-bouche*, dans lequel pénètre l'air qui s'introduit par les narines et la bouche, la *trachée-artère*, en un mot.

Les extrémités des ramifications des *bronches*, qui sont également creuses, et fermées à la manière d'un doigt de gant, sont les *vésicules bronchiques*.

La matière qui est représentée par l'éponge est molle et spongieuse, et constitue le *tissu du poumon* ou *tissu pulmonaire*.

L'air, qui pénètre par la bouche et les narines, arrive dans le pharynx, passe dans la trachée-artère, dans les *bronches* et leurs ramifications, et arrive dans les *vésicules bronchiques*, où il rencontre le sang qui circule dans les vaisseaux de ces vésicules, et qu'il vivifie.

On dit alors que le sang a *respiré*, que l'Homme a *respiré*, que la respiration s'est effectuée.

Sur les très hautes montagnes, l'air est moins dense que dans les plaines et autres lieux peu élevés. Aussi la respiration y devient-elle pénible. Elle peut même y devenir impossible, et les aéronautes sont parfois asphyxiés : ce qui est arrivé à Croce-Spinelli et Sivel.

Les hautes ascensions présentent de grands dangers.

Questionnaire. — 64. Qu'est-ce que le vent? Quelle expérience pourriez-vous faire dans un appartement dans lequel il y aurait une pièce chaude et une froide communiquant ensemble? Quelle autre expérience pourriez-vous encore faire avec un bon feu de cheminée. — 65. Le vent est-il utile? Comment? — 66. Qu'est-ce qu'une trombe, un ouragan, un cyclone, une tempête? A quoi pouvez-vous comparer la marche d'un cyclone? Quelle est la région des cyclones? Citez quelques cyclones célèbres. — 67. Que savez-vous du cyclone d'Issy-l'Évêque du 10 août 1902. — 68. L'air joue-t-il un rôle dans la vie des plantes et des animaux? Dites ce que vous savez de notre respiration.

Douzième leçon.

LES BALLONS OU AÉROSTATS

Les frères Montgolfier inventent les ballons.

69. — Voici un petit ballon, un jouet (fig. 65). Il s'élève dans la classe parce qu'il est plus léger que l'air déplacé par lui. Il est rempli d'un gaz nommé *hydrogène*, qui est moins lourd que l'air.



Fig. 65. — Ballons : l'un s'élève, l'autre retombe.

En voici un autre rempli d'air (fig. 65). Si je le lâche, il tombe sur le plancher au lieu de s'élever. Pourquoi?

Parce qu'il est plus lourd que le volume d'air qu'il déplace : il pèse plus qu'un volume d'air égal au sien.

Prenez entre les doigts un morceau de liège, un bouchon, par exemple, portez-le au fond d'un seau d'eau et le lâchez, il remontera aussi : c'est qu'il est plus léger que le volume d'eau qu'il déplace.

Lorsqu'il y a un bon feu dans la cheminée, mettez une feuille de papier au-dessus du brasier, et lâchez-la. Elle s'élèvera dans la cheminée. Cela a dû vous arriver quand vous avez voulu faire brûler une feuille de papier. L'air chaud l'a entraînée avec lui.

En 1783, deux frères, Joseph et Étienne Montgolfier, fabricants de papier à Annonay, dans l'Ardèche, après avoir constaté que l'air chaud s'élève, conçurent l'idée de construire un ballon. Ils le firent en toile, le recouvrirent de papier, et lui laissèrent une large ouverture à la partie inférieure.

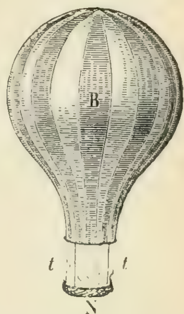


Fig. 66. — Montgolfière. N, nacelle avec du feu dedans; *tt*, cordes en fil de fer.

Ils allumèrent sous le ballon un grand feu de paille L'air chaud monta dedans, en chassa l'air froid qui, plus lourd, tendait à descendre.

Le ballon devint plus léger que le volume d'air dont il occupait la place, s'éleva dans l'atmophère au grand étonnement de tous les spectateurs. Les ballons étaient inventés.

On les appela des *montgolfières* (fig. 66), du nom des inventeurs.

Les premiers aéronautes furent un mouton, un coq et un canard.

70. — Les ballons inventés, on voulut savoir si la vie était possible dans les hautes régions de l'atmosphère.

Avant de se risquer, les hommes attachèrent sous le ballon, une *nacelle* dans laquelle ils placèrent des animaux. Ceux-ci revinrent de leur voyage aérien aussi bien portants qu'ils étaient partis.

Le 19 septembre 1783, un des frères Montgolfier était admis à répéter à Versailles, devant le roi Louis XVI, l'expérience aérostatique qu'il avait faite, pour la première fois, trois mois auparavant, dans sa ville natale.

Une montgolfière fut lancée en présence d'une foule immense.

Les préparatifs de l'ascension avaient pour témoin un jeune physicien nommé François Pilâtre de Rozier qui, lorsque l'aérostat quitta le sol, sauta sur un cheval qu'on lui avait tenu tout prêt, et se lança au galop dans la direction que suivait le ballon. Il s'intéressait beaucoup à un point de l'expérience.

On avait suspendu au-dessous de la montgolfière une grande cage dans laquelle étaient un mouton, un coq et un canard.

De Rozier était curieux de savoir comment ces animaux supporteraient le voyage. Quand il se fut assuré que le séjour dans les hautes régions ne leur avait pas laissé la moindre marque d'incommodité, il n'eut plus ni paix, ni repos avant d'avoir accompli lui-même un voyage aérien.

Il monta d'abord dans un ballon captif, qui fut un jour gonflé au faubourg Saint-Antoine, à Paris.

Mais, le 19 septembre 1783, à Versailles, Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes voulurent monter dans la nacelle. Louis XVI s'y opposa. Il ne voulait pas que des hommes exposassent ainsi leur vie. On insista. Le roi consentait seulement à ce que deux condamnés à mort fissent l'expérience. Et de Rozier de s'écrier : *Eh quoi! de vils criminels auraient les premiers la gloire de s'élever dans les airs! Non, non, cela ne sera point!*

Et les condamnés à mort n'eurent pas les premiers la gloire de s'élever dans les airs.

Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes en ballon.

71. — Le 21 avril 1784 s'élevait, du château de la Muette, au bois de Boulogne, une colossale montgolfière, dans la nacelle de laquelle avaient pris place François Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlandes.

Ils partirent, emportant de la paille pour faire du feu,

afin d'avoir de l'air chaud dans le ballon aussi longtemps qu'ils le voudraient, à moins que la provision de paille ne s'épuisât auparavant.

Le ballon vint passer sur Paris, émerveillant la population, et alla s'abattre sur la Butte-aux-Cailles, aujourd'hui dans Paris, dans le 13e arrondissement.

Le tout alla pour le mieux, ce qui encouragea d'autres personnes à entreprendre le périlleux voyage.

Plus tard, Pilâtre de Rozier périt victime de son courage.

Or, pendant que Pilâtre se bornait à renouveler ses ascensions, il arriva qu'un rival non moins audacieux, nommé Blanchard, fit en ballon la traversée de Calais à Douvres. A la première nouvelle de cet événement, Pilâtre annonça qu'il ferait la traversée, beaucoup plus longue et par conséquent plus dangereuse, de Boulogne à Londres.

On eut beau lui dire qu'il s'exposait à la plus funeste aventure : rien ne put l'en dissuader. Il prétendait, du reste, avoir inventé un nouveau système d'aérostation qui consistait à accoupler deux ballons, l'un à gaz hydrogène, l'autre à air chaud.

La montgolfière avec son réchaud était placée juste au-dessous du ballon à hydrogène. Le physicien Charles lui dit que c'était placer une mèche allumée sous un baril de poudre.

Les préparatifs furent très longs; les vents étaient toujours contraires; l'enveloppe, conservée dans un endroit humide, commençait à s'endommager. Puis les rats se mirent à la dévorer, il fallut toute une armée de chiens et de chats pour les écarter. On dut même faire venir des hommes qui battaient du tambour pendant toute la nuit pour éloigner les rats. Au dernier moment un ouragan furieux éclata et les magistrats de la ville s'opposèrent au départ.

Enfin le 13 juin 1785, à sept heures du matin, Pilâtre et un jeune savant de la ville, nommé Romain, montèrent dans la nacelle. Un officier supérieur, le marquis de la Maisonfort, s'élança vers le ballon, jeta un rouleau de 200 louis dans le chapeau de Pilâtre, mit le pied dans la nacelle en le suppliant de le laisser partir avec eux.

L'aéronaute le repoussa en lui disant : « Nous ne sommes sûrs ni du temps, ni de la machine; je ne puis vous accepter ». Et l'*aéromontgolfière* — c'était le nom de ce double ballon — s'éleva dans les airs et prit bientôt la direction de la mer.

Elle était à peine à quatre ou cinq cents mètres d'altitude que la foule vit avec effroi le ballon à gaz se dégonfler et retomber sur la montgolfière et toute la machine descendre avec une épouvantable rapidité.

On courut à l'endroit où cette masse d'étoffe venait de s'abattre, et l'on trouva sur la côte, à cinq kilomètres de Boulogne, parmi les débris de la nacelle, Pilâtre mort, Romain rendant le dernier soupir.

On ne gonfle plus les ballons au moyen d'un feu de paille.

72. — Voyant les dangers que pouvaient occasionner les feux de paille, on chercha un moyen de gonfler les ballons définitivement avant de leur faire quitter la terre.

On les gonfla avec du *gaz hydrogène* qui est environ quinze fois plus léger que l'air; mais l'hydrogène a l'inconvénient de traverser trop facilement l'enveloppe du ballon, qui diminue alors peu à peu de volume et descend trop tôt.

On est parvenu cependant à préparer des étoffes imperméables que le gaz ne peut traverser.

Enfin on a remplacé l'hydrogène par le *gaz d'éclairage* dans le gonflement des ballons.

Pour remplir le ballon, on le fait communiquer avec une conduite de gaz.

Le ballon est enveloppé d'un filet de cordes auxquelles on suspend la nacelle. Lorsqu'on le trouve suffisamment

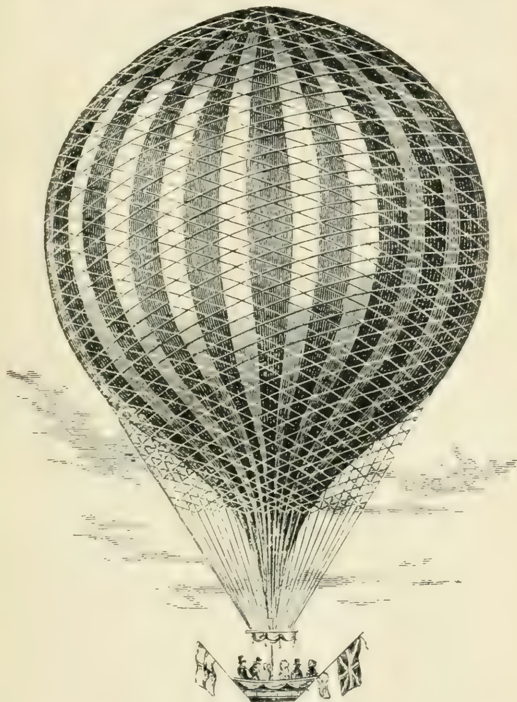


Fig. 67. — Ballon dans les airs.

gonflé, l'aéronaute monte dans la nacelle pendant que des hommes tirent sur des cordes qui le tenaient fixé au sol et que l'on décroche.

A un moment donné, quand tout est fini, l'aéronaute crie : *Lâchez tout*, et le ballon s'élève pour commencer son voyage aérien (fig. 67).

Dans les localités où il n'y a pas de gaz d'éclairage, on a recours à l'hydrogène, qui se fabrique sur place, comme le montre la figure 68.

Les ballons ont déjà rendu de grands services, notamment pendant la guerre de 1870 à 1871, et ils en rendront encore de bien plus grands le jour où l'on saura bien les diriger.

MM. Santos-Dumont, Severo et Lebaudy ont fait faire un grand pas à la question des *ballons dirigeables*, mais le problème n'est pas encore complètement résolu.

Le premier ballon à gaz.

73. — Le 1er décembre 1783, la moitié de la population de Paris se pressait aux environs du château des Tuileries, où un physicien très habile, nommé Charles, devait faire une ascension, non plus en montgolfière, comme on l'avait fait jusqu'alors, mais avec un globe de soie, gonflé à l'aide de l'hydrogène, le plus léger des gaz connus.

Le programme de cette ascension, qui devait avoir lieu dans le jardin des Tuileries, avait été annoncé par les journaux, et une souscription de 10 000 francs avait été ouverte et presque immédiatement remplie. Il y avait des souscriptions à *quatre louis* et d'autres à trois francs.

A midi, le jour indiqué, les corps académiques et les souscripteurs à *quatre louis* furent introduits dans une enceinte particulière construite tout exprès autour du bassin. Ceux à trois francs le billet se placèrent où ils purent, dans tout le reste du jardin. Autour du jardin, les fenêtres, les toits de toutes les maisons étaient garnis de monde ; les quais qui longent les Tuileries, le pont Royal et la place de la Concorde, alors place Louis XV, étaient également couverts d'une foule immense.

Une garde nombreuse environnait le superbe ballon, maintenait l'ordre et facilitait les manœuvres.

Le ballon, gonflé de gaz et prêt à partir, se balançait majestueusement dans l'air. C'était un globe de taffetas à bandes alternativement rouges et jaunes.

Pour connaître la direction du vent, on lance un ballon de soie verte, de deux mètres de diamètre. Charles, qui le tient à l'aide d'une corde, s'avance vers Étienne Montgolfier et le prie de vouloir bien le lancer lui-même.

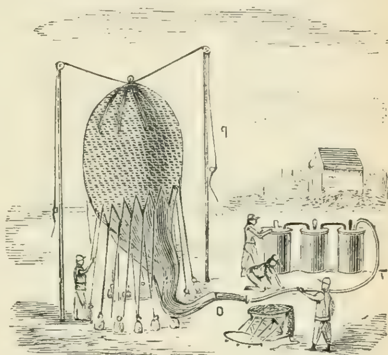


Fig. 68. — Gonflement d'un ballon où il n'y a pas d'usine à gaz. — Q, support; T, tuyau faisant communiquer les appareils à gaz hydrogène avec le ballon par la tuyère O.

« C'est à vous, monsieur, répondit le modeste inventeur des aérostats, qu'il appartient de nous ouvrir la route des cieux. » Et le public d'applaudir. Le petit aérostat d'essai se dirigea vers le *nord-est*, faisant reluire au soleil ses brillantes couleurs.

Les deux aéronautes, Charles et son compagnon Robert, prennent place dans la nacelle, la dernière corde est coupée. De toutes parts éclatent des applaudissements immenses. Les soldats rangés autour de l'enceinte présentent les armes, les officiers saluent de leurs épées, et le ballon s'élève au milieu des acclamations de trois cent mille spectateurs.

Le ballon atterrit doucement, à environ 8 kilomètres de son point de départ. Le lendemain, le roi accorda une pension de deux mille livres à Charles, l'intrépide aéronaute.

Le lest et le parachute.

74. — Dans son voyage aérien, l'aéronaute peut avoir besoin d'*alléger* son ballon, ou de l'*alourdir*. Il emporte avec lui, dans la nacelle, un certain nombre de sacs remplis de sable. Ce sable prend le nom de *lest*.

L'aéronaute a-t-il besoin de s'élever, il verse du sable qui tombe sur la terre, et le ballon monte ; a-t-il besoin de descendre, il tire la corde qui fait ouvrir une soupape située à la partie supérieure du ballon, le gaz s'échappe, et l'air entre dans le ballon qui devient d'autant plus lourd qu'il en entre davantage et qu'il sort davantage de *gaz*.

Quand le ballon descend et qu'il est près de toucher le sol, il pourrait être traîné si le vent était fort. On jette alors une *ancre* attachée à la nacelle, et qui finit par s'accrocher à quelque objet et empêche ainsi le ballon d'être traîné trop longtemps.

Enfin, si l'aéronaute voit du danger à se laisser emporter par son ballon, il l'abandonne et descend en *parachute*.

Le parachute ressemble à un jouet d'enfants, bien connu de vous tous. Le papier représente le parachute proprement dit, et le bouchon de liège représente la nacelle qui y est attachée.

L'aéronaute se place dans la nacelle, détache l'appareil qui descend d'abord avec une très grande vitesse ; mais le vent s'engouffre dessous, comme sous un parapluie, et en ralentit la *chute*.

Cette descente n'est pas sans danger. Aussi est-elle peu pratiquée.

A ce sujet, laissez-moi vous dire ce que j'ai vu le dimanche 31 août 1890. Un ballon monté par deux jeunes aéronautes partit de Puteaux, près de Paris.

En quittant la terre le ballon s'accrocha à un arbre et à

une maison, et fut déchiré. Naturellement le gaz commença à s'échapper.

Néanmoins le ballon s'éleva jusqu'à 1 000 mètres de hauteur. Puis il se dégonfla et descendit assez rapidement en semant l'angoisse chez toutes les personnes témoins du fait. Mais grâce au sang-froid des deux aéronautes qui surent faire usage de leur *lest*, l'*atterrissement* eut lieu dans d'assez bonnes conditions, à deux ou trois kilomètres de son point de départ.

Le ballon s'était déchiré par le bas. Le gaz, plus léger que l'air, occupait donc la partie supérieure de l'aérostat et ne s'échappait pas trop vite. L'étoffe du ballon *forma parachute* et nos deux aéronautes en furent quittes pour la peur.

Le vent soufflait assez fort, ce qui aurait pu précipiter la chute du ballon ; mais ce fut peut-être ce qui la ralentit.

Heureux eussent été les aéronautes Severo et son compagnon, montés dans la nacelle d'un ballon dirigeable inventé par Severo, s'ils eussent eu un semblable parachute et le temps de s'en servir, quand leur ballon prit feu et vint s'abattre, un matin de printemps 1902, sur l'avenue du Maine à Paris, d'une hauteur de plus de 400 mètres.

Questionnaire. — 69. Pourquoi un ballon s'élève-t-il dans l'air? Qui a inventé les ballons? A quelle époque? — Comment les frères Montgolfier gonflaient-ils leurs ballons? — 70. Quels furent les premiers aéronautes? Et qui furent les premiers aéronautes? — 71. Où se fit la première véritable ascension? Quelle traversée fit l'aéronaute Blanchard? Quelle traversée voulurent faire Pilâtre de Rozier et Romain? Qu'arriva-t-il? — 72. Comment gonfle-t-on les ballons aujourd'hui? Comment se fait le départ du ballon? — 73. Que savez-vous sur l'ascension du premier ballon à gaz? — 74. Qu'appelle-t-on lest? Racontez l'anecdote du ballon de Puteaux. Qu'arriva-t-il à l'aéronaute Severo en 1902?

Treizième leçon.

LES BALLONS MILITAIRES

Les ballons militaires en campagne.

75. — Dès les premiers temps de la Révolution française, surgirent diverses propositions relatives à l'emploi des ballons aux armées.

Un nommé Morveau proposa d'utiliser des *ballons captifs*, retenus par des câbles ne devant s'élever qu'à une hauteur suffisante pour permettre aux observateurs placés dans la nacelle de découvrir l'ennemi et ses manœuvres. Rien n'était livré dès lors à l'imprévu et aux caprices des courants atmosphériques ; aussi cette proposition faite au sein de la commission nommée par le gouvernement, et dont faisaient partie Berthollet, Monge et Carnot, fut-elle aussitôt prise en considération.

La République reconnut l'aérostation militaire, et un nommé Coutelle fut nommé directeur des épreuves aérostatiques. A peine installé, il fit venir, pour perfectionner le résultat de ses premiers essais, Conté, tour à tour peintre, chimiste et mécanicien, qui, disait Monge, « avait toutes les sciences dans la tête et tous les arts dans la main ».

Et les deux savants se mirent à l'œuvre. En un temps relativement court ils arrivèrent à construire un outillage pratique. Quatre jours après, la formation d'une compagnie d'aérostiers militaires fut décidée, formée et son commandemant remis à Coutelle, nommé en même temps capitaine.

Aussitôt formée, la compagnie fut dirigée sur Maubeuge, où un mois après elle fut assiégée par les Autrichiens.

Des jardins du collège, où il avait installé son parc, Coutelle suivit tous les mouvements de l'ennemi. Ce constant espionnage produisit un effet démoralisateur sur l'ennemi, désespéré de se savoir surveillé au point de ne pouvoir rien dérober à notre connaissance, et réciproquement l'influence sur nos hommes fut des plus salutaires, ceux-ci se voyant à l'abri de toute surprise.

Les Autrichiens tentèrent la destruction du ballon. Ayant remarqué qu'il s'élevait chaque jour presque à la même place, ils établirent, une nuit, une grosse pièce qui, au moment de l'ascension, lança quelques boulets. Heureusement, ils n'atteignirent pas leur but.

De Maubeuge, Coutelle et sa compagnie reçurent l'ordre de partir pour Charleroi.

Coutelle, avec son matériel, franchit, de nuit, les lignes ennemies, en opérant une reconnaissance. Le soir même, il arriva à Charleroi et s'éleva avant la nuit pour observer la place. Le lendemain, il fit une nouvelle ascension; enfin le surlendemin eut lieu la bataille de Fleurus.

Le ballon l'*Entreprenant* domina huit heures durant le champ de bataille. Coutelle et l'officier qui l'accompagnait correspondirent constamment avec l'armée, dévoilant chaque manœuvre de l'ennemi, et Jourdan, bien renseigné, remporta la victoire.

Le 25 juillet 1794, le gouvernement décréta la formation d'une deuxième compagnie, et en confia le commandement à Conté.

Création de l'École aérostatique de Meudon.

76. — Le 1er novembre 1794 fut créée l'*École nationale aérostatique* de Meudon pour assurer le recrutement des aérostiers et former des officiers.

. Cette école comprenait soixante élèves qui s'y exerçaient à la physique, à la géographie, aux arts mécaniques, ainsi qu'à tout ce qui concernait l'aérostation.

Conté, nommé directeur, multiplia ses recherches et ses expériences, et arriva à construire des ballons avec des enveloppes assez imperméables pour permettre aux aérostats de faire un service actif de *trois mois*, sans avoir besoin de se réapprovisionner de gaz léger.

Une autre compagnie est créée, son effectif porté à 55 hommes, soldats et officiers compris. Coutelle est nommé chef de bataillon et les capitaines des deux compagnies sont Lhomond et Delaunay.

On trouve alors des ballons militaires à toutes nos frontières, à Frakenthal, où le ballon est criblé de balles, à Worms, à Mannheim, où l'aérostat brave la mitraille pour faire une utile reconnaissance.

A Watzbourg, le 1er septembre 1796, dans un mouvement de retraite trop précipité, la première compagnie tombe avec son matériel aux mains de l'ennemi et reste dans une inaction forcée jusqu'aux préliminaires de paix de Leoben, où liberté lui est enfin rendue. La seconde, oubliée d'abord à Strasbourg, est méconnue par Hoche qui succède à Jourdan.

Les ballons pendant la guerre de 1870.

77. — Paris, investi de toutes parts, ne savait comment communiquer avec la province. Impossible de le faire par eau ni par terre. Mais l'air restait.

On lança des ballons, chargés de porter les nouvelles dans les provinces. Le gouvernement de Paris put correspondre avec celui de Tours : les familles purent rassurer leurs parents et leurs amis inquiets.

Les ballons partaient la nuit pour déjouer les attaques

de l'ennemi. Le vent les entraînait souvent au loin et plusieurs n'arrivèrent pas à destination. Les hommes qui partaient en ballon étaient de véritables héros qui avaient fait d'avance le sacrifice de leur vie.

Un membre du gouvernement de la défense nationale, Gambetta, partit ainsi et put atterrir près de Montdidier. Mais d'autres furent moins heureux.

L'ascension la plus émouvante fut celle du ballon la *Ville d'Orléans*. Les deux héros qui le montaient, Rolier et Bézier, furent emportés à travers les ténèbres, dans la direction du Nord. Quelle ne fut pas leur stupéfaction quand le jour parut. Leur ballon descendait vers une forêt de sapins, blanche de neige. Ils se trouvaient dans un pays inconnu, par un froid terrible, sans armes, ni couvertures, ni vivres.

Arrivés à terre, ils quittèrent la nacelle et errèrent longtemps à travers des plaines glacées. Enfin ils rencontrèrent un paysan qui les renseigna et leur apprit qu'ils étaient en Norvège. Ils étaient partis de Paris la veille au soir. Ils allèrent à Christiania, où on leur fit une réception enthousiaste. Partout sur leur passage éclataient les cris de : *Vive la France! Vive la France!*

Des femmes du peuple se pressaient autour d'eux et leur présentaient leurs enfants, en leur disant : *Bénissez nos fils pour que plus tard ils soient braves comme vous!*

Honneur à ces braves aéronautes qui ont si bien servi la France! Honneur au peuple généreux qui les a si bien accueillis.

Ballons dirigeables.

78. — Nous avons vu qu'on peut faire monter ou descendre à volonté un ballon qui est dans les airs.

Peut-on aussi le faire aller à droite, à gauche, et contre le vent? oui, jusqu'à un certain point.

Si l'on est parvenu à faire des promenades en ballon, en dirigeant la machine à sa guise; si l'on est parvenu à aller atterrir à un endroit déterminé, c'est donc qu'on est parvenu à le diriger.

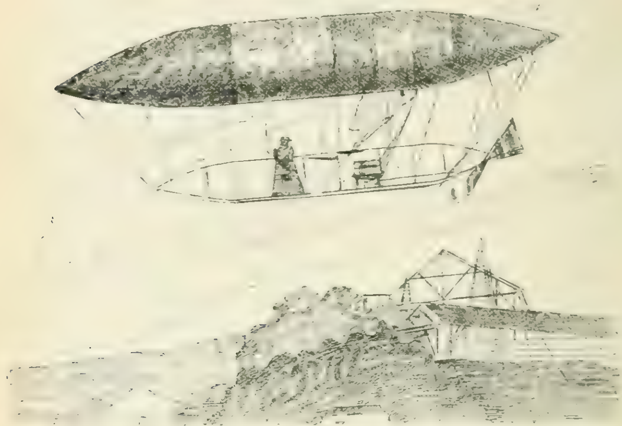


Fig. 69. — Ballon dirigeable dans les airs : « Le Santos-Dumont ».

En effet, M. Santos-Dumont et M. Lebaudy sont arrivés à faire des promenades dont ils avaient tracé d'avance l'itinéraire et indiqué les points d'atterrissement (fig. 69).

M. Santos-Dumont est même allé se promener au-dessus de la foule des enfants qui s'ébattaient sur les pelouses du Bois de Boulogne, est descendu parmi eux, en a pris avec lui dans sa nacelle, leur a fait faire une promenade dans les airs, et est ensuite revenu les remettre à leurs mamans anxieuses.

Pour rendre les ballons dirigeables, on a modifié la

forme qu'ils avaient eue jusqu'alors. Au lieu de les faire ronds, de leur donner la forme d'une toupie, on leur a donné une forme allongée, un peu comme un cigare. Puis on a placé au-dessous de l'enveloppe un *moteur* à pétrole ou à alcool, aussi léger que possible, qui fait mouvoir des ailes convenablement disposées.

Renard et Krebs ont pu, par un temps très calme, parcourir un grand cercle dans les airs, et revenir à leur point de départ. C'était déjà un résultat, puisqu'ils ont pu lutter contre un vent, très faible il est vrai, mais qui n'en existait pas moins.

Depuis, Santos-Dumont, en 1901, 1902 et 1903, a pu lutter contre un vent modéré, mais bien appréciable, en allant à une vitesse convenable.

Son premier trajet déterminé a été de tourner autour de la Tour Eiffel, à Paris, mais depuis, il a fait un certain nombre de voyages à itinéraire tracé à l'avance, parmi lesquels se trouvent ceux que nous avons signalés il y a un instant.

Enfin M. Lebaudy a pu se promener en ballon dirigeable et atterrir où il a voulu.

Malgré tous ces progrès réalisés, les ballons dirigeables n'ont pu jusqu'à ce jour lutter contre un vent assez fort, pour nous permettre de dire qu'au point de vue pratique, les *ballons dirigeables* existent dans toute l'acception du mot.

Mais le jour où les ballons obéiront à la volonté de l'homme n'est peut-être pas loin de se lever.

Questionnaire. — 75. A quelle époque commença-t-on à s'occuper sérieusement des ballons militaires? Citez les noms de quelques hommes qui s'en occupèrent. En quoi les ballons militaires nous furent-ils utiles à cette époque? — 76. Quelle école créa-t-on au sujet des ballons? Qu'en savez-vous? — 77. Que savez-vous des ballons militaires pendant la guerre de 1870-1871? Racontez les péripéties des aéronautes qui montaient la « Ville d'Orléans ». — 78. A-t-on trouvé le moyen de diriger les ballons? Dites ce que vous savez des ballons dirigeables et citez les aéronautes qui ont le plus fait pour la direction des ballons.

TROISIÈME PARTIE

L'EAU

Quatorzième leçon.

L'EAU. LES TROIS ÉTATS DES CORPS

79. — Vous connaissez l'*eau*, vous savez qu'elle se trouve en grande quantité dans la mer, les lacs, les rivières, les puits.

D'où vient donc toute cette eau? Des nuages, me direz-vous. Oui, mais comment le nuage a-t-il pu se former? Telle est la question qui se pose.

Cherchons donc à la résoudre.

Examinons un morceau de glace. Il nous est facile de le faire si même nous ne sommes pas en hiver, car on a trouvé le moyen de conserver la glace dans des constructions spéciales. D'ailleurs, on la fabrique aujourd'hui comme on fabrique un objet.

Cette glace est une *pierre*, un *corps solide* (fig. 70).

Chauffons-la, elle fond, se transforme en une *eau* semblable à celle que nous employons à tout instant pour nos divers besoins : cette eau est un *liquide*.

Chauffons ce liquide (fig. 71), il s'élève bientôt en *vapeur* (fig. 72) : la *vapeur est un gaz*.

Ainsi, l'eau peut donc se présenter successivement à nos yeux sous *trois états différents* :

1° L'*état solide, comme la glace*;

2° L'*état liquide, comme l'eau ordinaire;*
3° L'*état gazeux, comme la vapeur.*

Ainsi, nous avons vu passer ce corps de l'état solide à l'état liquide, puis de l'état liquide à l'état gazeux; mais nous pouvons voir la contre-épreuve, c'est-à-dire le même corps passer de l'état gazeux à l'état liquide, puis de l'état liquide à l'état solide.

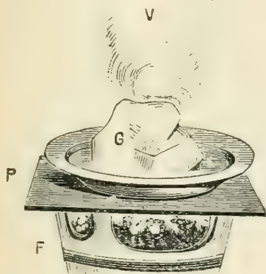


Fig. 70. — Glace en fusion. — G, glace qui fond; V, vapeur; P, plat; — F, fourneau.



Fig. 71. — Ébullition.



Fig. 72. — Expérience expliquant la pluie. — B, cafetière placée sur le feu et contenant de l'eau; V, vapeur s'échappant de la cafetière et se refroidissant au contact de l'assiette A et retombant en pluie G; — F, fourneau à gaz; R, robinet; T, tuyau.

En effet, plaçons un objet froid, un plat par exemple au-dessus d'une bouillotte de laquelle s'élève de la vapeur : cette vapeur se refroidit au contact du plat froid, se transforme en gouttelettes d'eau qui tombent (fig. 72).

Recueillons ces gouttelettes et laissons l'eau exposée à l'air froid, elle redeviendra de la glace.

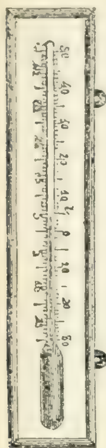


FIG. 73. — Thermomètre.

La glace se forme toujours à la même température, et toujours à la même température se forme la vapeur d'eau. Tout ceci bien entendu dans les conditions ordinaires.

On est convenu d'appeler *zéro* le degré de chaleur, ou de froid, la température à laquelle l'eau douce ordinaire se transforme en glace. Et la température à laquelle l'eau passe à l'état de vapeur est celle de *100 degrés*.

Aujourd'hui, presque tous nos thermomètres (fig. 73) sont ainsi gradués :

Température à laquelle se forme la glace : *zéro degré*.

Température à laquelle l'eau se réduit en vapeur : *100 degrés*.

Remarques sur les corps solides.

80. — Lorsqu'on chauffe les corps solides, ils commencent par se *dilater*, c'est-à-dire par augmenter de volume; mais si la température continue d'augmenter; il arrive un moment où la *cohésion*, c'est-à-dire la force en vertu de laquelle les différentes molécules d'un corps adhèrent les unes aux autres, est vaincue par la chaleur, et alors les corps deviennent liquides, ils *fondent*.

Disons, en passant, que certains corps, comme le bois, le papier, etc., se *décomposent* au lieu de fondre.

Si l'on continue à chauffer un corps dont la chaleur a vaincu la cohésion pour le faire passer de l'état solide à l'état liquide, pour le *fondre* en un mot, la température du liquide s'élève, et les molécules sont de plus en plus

distantes. Il arrive un moment où ces molécules se *repoussent*, le liquide *bout* (fig. 71), et se transforme en *vapeur*, en *gaz*, qui occupe un volume considérable.

Un corps solide a une forme déterminée. Mettons une pierre dans une assiette, une terrine ou tout autre vase, cette pierre conserve toujours la même forme. Les *parties constituantes d'un corps solide sont immobiles les unes par rapport aux autres*.

Prenons au contraire une certaine quantité d'eau, et mettons-la successivement dans des vases de forme différente, cette même quantité d'eau prendra successivement la forme de tous les vases.

Ainsi les parties constituantes d'un liquide sont mobiles les unes par rapport aux autres; *elles glissent facilement les unes sur les autres : l'eau peut couler.*

On peut caractériser les liquides en disant *qu'ils prennent la forme des vases qui les contiennent.*

Les gaz sont encore plus mobiles que les liquides; ils n'ont pas de forme déterminée, et tendent toujours à occuper le plus grand volume possible : ce qui fait qu'on ne peut les enfermer que dans des vases clos de toutes parts.

Voyage d'une goutte d'eau, formation des nuages. Pluie, Grêle, Neige.

81. — Peut-être avez-vous déjà entendu dire : l'*eau vient de la mer et retourne à la mer.*

Le proverbe n'est pas faux.

La mer est en effet le grand réservoir de l'eau.

Nous avons vu comment ce liquide, soumis à l'action de la chaleur d'un fourneau, devient un gaz, une vapeur.

De même, sous l'action de la chaleur du soleil, l'eau de la mer, et celle qui se trouve partout à la surface de la terre, se transforme en vapeur, s'élève dans l'atmosphère et y forme un nuage, comme celui qui s'élève de la bouillotte.

Quoique ce phénomène se produise en grand, on peut supposer suivre une goutte d'eau dans son long voyage.

Si l'on comprend le voyage d'une seule goutte, on comprendra de même celui de plusieurs.

L'eau de la mer est liquide, vous le savez. Peu à peu, elle se transforme en vapeur, s'élève dans l'air et constitue un *nuage*.

Un nuage est donc un amas de vapeur d'eau, de gouttelettes excessivement fines.

Quand ce nuage rencontre de l'air assez froid, comme le nuage qui s'élève de la bouillotte rencontre l'assiette, il se refroidit et se réduit en gouttelettes de plus en plus grosses qui finissent par tomber à la surface de la terre : c'est la *pluie*.

Si, dans sa chute, cette pluie traverse des couches d'air dont la température soit au-dessous de zéro, elle se *congèle* et l'on a de la *grêle*.

La *neige* se forme à peu près de la même manière que la grêle; mais l'eau des nuages passe dans ce cas presque instantanément de l'état gazeux à l'état liquide et de l'état liquide à l'état solide.

Suivons pour l'instant l'eau qui tombe en pluie à la surface du sol. Elle coule pour former des ruisseaux, des rivières, et enfin des fleuves, et s'en va ainsi à la mer.

Il est donc juste de dire : *l'eau vient de la mer et retourne à la mer*.

Mais sachez aussi que toute l'eau de pluie ne coule pas à la surface du sol pour se rendre directement à la mer. Une partie se réduit immédiatement en vapeur pour recommencer sa course. Enfin, une autre partie, qui est

quelquefois très importante, s'enfonce dans la terre et va alimenter les puits et les sources. Nous verrons cela plus en détail dans la suite de nos leçons.

Verglas.

82. — Lorsque la pluie tombe, une partie coule immédiatement à la surface du sol, et l'autre pénètre dans la terre, avons-nous dit.

Mais parfois la surface de la terre est tellement refroidie que l'eau qui tombe se gèle subitement et forme une mince couche de glace qui s'épaissit à mesure qu'il pleut : c'est le *verglas*. Le sol devient glissant; on ne peut plus marcher.

Le verglas se forme aussi sur les arbres et ailleurs. Les arbres en sont quelquefois si chargés que les plus grosses branches *cassent* sous leur charge de glace.

Le verglas se forme sans qu'il pleuve. En effet, s'il gèle quand le sol, ou le pavé, est mouillé, on a du verglas. Cela arrive quand, au moment du *dégel*, et que tout est mouillé partout, il gèle de nouveau.

Rosée. Gelée blanche.

83. — Après la pluie, le sol est mouillé, vous le savez; les plantes sont couvertes de fines gouttelettes d'eau : c'est de la *rosée*. Mais souvent, le matin, il y a une abondante *rosée*, et cependant il n'a pas plu pendant la nuit.

D'où vient donc cette eau, cette *rosée*?

Après une chaude journée, quand le soleil est couché, le sol échauffé continue à émettre de la chaleur dans l'atmosphère, et par conséquent se refroidit. Ainsi, le sol et les objets situés à sa surface ont bientôt perdu une partie de leur chaleur, et la vapeur d'eau contenue dans l'air se

condense et forme les gouttes qui sont la *véritable rosée*, comme la vapeur d'eau de l'air de notre chambre à coucher se condense, en hiver, sur les vitres qui sont froides par suite de leur contact avec l'air du dehors.

Si le froid se fait sentir davantage, si la température descend à zéro et au-dessous, ces gouttelettes d'eau, la rosée en un mot, se tranforment en glace, et l'on a ce que l'on appelle de la *gelée blanche*, du *givre*.

Vous avez déjà dû voir, en hiver, les arbres et tous les objets couverts d'une couche blanche comme s'il avait neigé. C'est le brouillard, qui, par l'action du froid, s'est transformé en *givre*.

Il arrive que les arbres présentent un beau spectacle avec leur manteau de givre.

QUESTIONNAIRE. — 79. Quels sont les trois états des corps? Comment feriez-vous pour voir passer l'eau de l'un de ces etats a un autre? Que vous disent les mots zéro degre, 100 degres? — 80. Qu'arrive-t-il lorsqu'on chauffe un corps? Comment expliquez-vous que l'eau coule tandis qu'un bloc de glace garde sa forme. — 81. Parlez du voyage d'une goutte d'eau et de la formation des nuages. Comment expliquez-vous la pluie, la grele, la neige. — 82. Qu'est-ce que le verglas et comment se forme-t-il? — 83. Qu'est-ce que la rosée? Comment se forme-t-elle? Qu'est-ce que la gelée blanche.

Quinzième leçon.

GLACIERS. GLACE. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE.

La neige qui tombe sur les hautes montagnes forme les glaciers.

84. — Nous savons que la vapeur d'eau qui se condense et se gèle presque instantanément forme la neige, cette neige aux blancs flocons que vous aimez tant à voir tomber.

Recueillez sur un corps noir et froid quelques-uns de



Fig. 74. — Divers aspects de la cristallisation de la neige.

ces flocons, et examinez-les avec un verre grossissant, avec une loupe, et vous verrez qu'ils sont formés de fines aiguilles de glace disposées avec symétrie en étoiles à six rayons, rarement à trois (fig. 74).

La neige qui tombe dans les plaines fond instantanément si la terre est humide; elle reste à la surface du sol si au contraire la terre est sèche ou gelée. Mais elle fondra aussitôt que le froid sera moins rigoureux, aussitôt que la température sera au-dessus de zéro.

Sur les hautes montagnes, où il fait toujours froid, il n'en est plus ainsi; la neige s'y accumule, s'y entasse, et finit par former une couche épaisse : c'est ce que l'on nomme les *glaciers*, les *neiges éternelles*.

Il arrive qu'une masse considérable de glace se détache de la montagne, glisse sur la pente en détruisant tout sur son passage : villages, villes, forêts, etc.

C'est une AVALANCHE.

Quand, sur les montagnes, la chaleur se fait sentir un



FIG. 75. — Glaces flottantes.

peu plus qu'à l'ordinaire, les glaciers fondent par la base et donnent de l'eau.

Dans les régions froides, aux pôles, les glaces fondent difficilement, et glissent parfois jusqu'au bord de la mer et s'en vont sur les eaux. Comme elles sont plus légères que l'eau, elles flottent à sa surface, et forment ce qu'on appelle les *glaces flottantes* (fig. 75).

Formation de la glace.

85. — La glace est de l'eau solidifiée, nous le savons ; mais, pour qu'elle se forme, il faut que la température du lieu s'abaisse à zéro, et au-dessous.

Pour voir se former la glace, il suffit, lorsqu'il gèle, de mettre un peu d'eau dans une assiette que l'on expose à

l'air froid. On doit en mettre juste assez pour couvrir le fond de l'assiette.

On voit d'abord quelques fines *aiguilles de glace* apparaître; d'autres aiguilles se forment, croisent les premières sous des angles déterminés, et ainsi de suite. Ces aiguilles de glace deviennent de plus en plus nombreuses, *s'enchevêtrent* pour ainsi dire à l'infini, et leur ensemble forme une mince lame de glace, dans laquelle la disposition des aiguilles ou cristaux n'est plus visible à l'œil nu.



Fig. 76. — Vitre couverte de glace.

Cette lame augmente d'épaisseur si le froid continue à se faire sentir, et si l'épaisseur de la couche d'eau le permet.

La forme cristalline de la glace est surtout visible quand l'épaisseur de la couche d'eau est très faible, comme cela se voit sur un sol battu et mouillé, le bitume, les vitres (fig. 76), etc., où l'œil est frappé de la beauté des dessins qui sont d'une forme régulière, et représentent parfois des feuilles de fougère ou d'autres plantes.

Un litre d'eau donne plus d'un litre de glace.

86. — Mettons un morceau de glace dans l'eau d'un vase. Il ne tombe pas au fond, il surnage. Pourquoi cela? Parce que la glace est moins lourde que l'eau. Cela peut paraître étrange, puisque la glace est de l'eau. Il faut donc que le liquide augmente de volume en se convertissant en glace. C'est bien là ce qui arrive, en effet. Une carafe remplie d'eau se brise si le liquide qu'elle contient vient à geler.

Nous avons dit que les corps se dilatent sous l'action de la chaleur et se contractent en se refroidissant : c'est en effet ce qui a lieu en général.

Mais un poids déterminé d'eau occupe le plus petit volume à la température de 4 degrés centigrades au-dessus de *zéro*. Supposons donc un litre d'eau à *4 degrés* : si cette eau s'échauffe ou se refroidit, elle augmente de volume.

Ainsi un litre d'eau donne plus d'un litre de glace : ce qui explique pourquoi les glaces flottent à la surface des mers, des lacs, des fleuves, des rivières.

Il est très heureux qu'il en soit ainsi, car, si la glace était plus lourde que l'eau à l'état liquide, elle tomberait au fond des mers, des lacs, des fleuves, des rivières, à mesure qu'elle se formerait, et bientôt, pour peu que le froid durât, nous n'aurions plus d'eau liquide, mais seulement de la glace. En effet, voyez, quand il gèle, ce qui se passe dans une mare, un vase contenant de l'eau : c'est à la surface que se forme d'abord la glace ; puis celle-ci gagne en profondeur si le froid dure.

Supposez qu'une première couche de glace tombe au fond de la mare, puis une deuxième, une troisième, une quatrième, et ainsi de suite. Bientôt toute l'eau de la mare ne formerait plus qu'un énorme bloc de glace.

Il n'en est pas ainsi, fort heureusement.

Principe d'Archimède.

87. — Ce que nous venons de voir m'amène à vous parler d'un *principe* appelé *principe d'Archimède*, du nom du savant qui le formula le premier, et qui dit : « *Tout corps plongé dans un liquide perd une partie de son poids égale au poids du volume de liquide déplacé* (fig. 77).

Je ne veux pas m'étendre là-dessus, bien que ce soit le point de départ pour l'explication d'une quantité de faits.

Je me contenterai de vous le faire comprendre par un exemple. L'eau pèse 1 kilogramme le litre ou le décimètre cube.

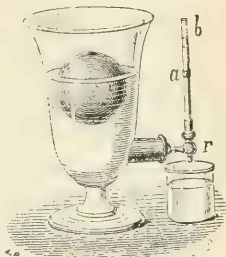


Fig. 77. — Principe d'Archimède. Le poids de l'eau déplacé par un corps flottant est égal au poids de ce corps.

Supposez une pièce de bois (fig. 78), dont un décimètre cube pèse moins qu'un décimètre cube d'eau.

Placez-la sur l'eau, elle s'enfonce en partie dans l'eau, mais la partie supérieure est hors de l'eau.

Supposez maintenant qu'il y ait 60 décimètres cubes de la pièce qui soient dans l'eau, ces 60 décimètres cubes de bois déplacent 60 décimètres cubes d'eau, et par conséquent 60 kilogrammes d'eau. Et bien, la pièce de bois reçoit de l'eau une poussée de bas en haut égale à



Fig. 78. — Flottage.

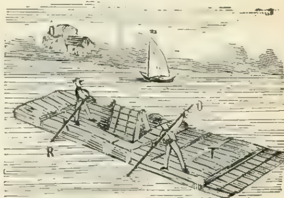


Fig. 79. — Radeau.

60 kilogrammes. Elle pèse 60 kilogrammes de moins que dans l'air. Elle perd une partie de son poids égale au poids du volume d'eau qu'elle dépace.

Ceci permet de comprendre la marche des radeaux, des trains de bois (fig. 79) qu'on transporte sur les cours d'eau.

Les corps plus légers que l'eau flottent à sa surface.

88. — Nous allons à présent faire une nouvelle expérience.

Servons-nous d'un vase en verre rempli d'eau.

Plaçons une bille sur cette eau, et lâchons-la. Elle tombe au fond. Pourquoi? Vous le savez tous, c'est parce qu'elle est plus lourde que l'eau, ou, si vous aimez mieux, un litre de billes pèse plus qu'un litre d'eau.

Jetons-y maintenant un bouchon de liège; il s'enfonce très peu; il flotte à la surface : c'est qu'il est plus léger que l'eau.

S'il existait un liquide moins lourd que le liège, celui-ci enfoncerait dedans au lieu de rester à sa surface.

Un corps pourrait donc flotter à la surface d'un liquide, et enfoncer dans un autre.

Ce n'est pas tout.

Le même corps peut flotter sur l'eau dans un cas, et s'y enfoncer dans un autre cas : cela dépend de la forme qu'on lui donne

Voici deux morceaux de ce papier d'étain dont on se sert pour envelopper le chocolat; ils sont de même grandeur et de même épaisseur, et par conséquent de même poids.

Je fais du premier une *boulette* que je maintiens sur l'eau. Je la lâche, elle tombe au fond.

Je façonne la deuxième en un petit bateau, que je pose sur le liquide, où il reste. De plus, je peux mettre dedans certains petits objets qui par leur propre poids tomberaient au fond de l'eau, et cependant le bateau ne s'enfonce pas.

La boulette que vous avez vue tomber au fond de l'eau, placée dessus, ne le fait même pas enfoncer.

Ceci vous explique pourquoi les bateaux et les navires qui sont garnis d'épaisses plaques de métal, et en même temps chargés de matériaux beaucoup plus lourds que l'eau, ne s'enfoncent pas.

La forme du corps est donc pour quelque chose dans la question du *flottage*.

Un mot sur l'utilité de l'eau.

89. — Nous avons dit que l'eau est très utile à l'homme, aux animaux et aux végétaux. Nous pouvons même ajouter qu'elle leur est indispensable. Sans eau, pas de vie possible sur notre globe.

« L'eau, a dit Fénelon, désaltère non seulement les hommes, mais encore les campagnes arides, et Dieu qui nous a donné ce corps fluide l'a distribué avec soin sur la terre, comme les canaux d'un jardin. Les eaux tombent des hautes montagnes où leurs réservoirs sont placés; elles s'assemblent en gros ruisseaux dans les vastes campagnes pour les mieux arroser; elles vont enfin se précipiter dans la mer, pour en faire le centre du commerce de toutes les nations. Cet Océan, qui semble être mis au milieu des terres pour en faire une éternelle séparation, est au contraire le rendez-vous de tous les peuples, qui ne pourraient aller par terre d'un bout du monde à l'autre qu'avec des fatigues, des longueurs et des dangers incroyables. »

En effet, les mers sont le *trait d'union* entre tous les peuples de la terre.

Aujourd'hui elles sont sillonnées dans toutes les directions, et à toute heure du jour et de la nuit, par des milliers de navires qui transportent passagers et marchandises.

Les fleuves et les rivières, ces *chemins qui marchent*,

servent aux mêmes fins entre les citoyens d'une même contrée, ou les habitants de deux contrées voisines.

Quand les fleuves et les rivières creusés par la nature ne suffisent pas, on creuse des rivières et des fleuves *artificiels*, des *canaux* que de nombreux bateaux parcourent aussi à toute heure pour transporter les marchandises.

QUESTIONNAIRE. — 84. Comment sont formés les flocons de neige? Qu'appelle-t-on glaciers et neiges éternelles? Qu'est-ce qu'une avalanche? Qu'appelle-t-on glaces flottantes? — 85. Comment peut-on voir se former la glace? — 86. Combien pèse un litre d'eau? Un litre d'eau donne-t-il exactement un litre de glace? Est-ce une bonne chose ou une mauvaise que l'eau augmente de volume en se transformant en glace? A quelle température un poids déterminé d'eau occupe-t-il le plus petit volume? — 87. Que dit le principe d'Archimède? Expliquez-le au moyen d'un exemple. — 88. Quand dit-on qu'un corps flotte? Un corps plus lourd que l'eau peut-il flotter à sa surface? — 89. Dites quelques mots sur l'utilité de l'eau.

Seizième leçon.

COURS D'EAU. — SOURCES

Ce que devient l'eau de pluie.

90. — L'eau de pluie se partage sur le sol :
En *eau d'évaporation* ;
En *eau de ruissellement* ;
En *eau d'infiltration* ou *de pénétration*.

L'*eau d'évaporation* se réduira sous peu sans doute en pluie nouvelle ou en neige.

Nous ne pouvons voir ses effets immédiats. Mais nous pouvons voir ceux de l'*eau de ruissellement* par son action sur les roches qu'elle rencontre sur son passage; puis, plus ou moins ceux de l'*eau d'infiltration*. En effet, vous savez ce qui se passe lorsqu'il pleut beaucoup.

Une partie de l'eau qui tombe coule tout de suite à la surface du sol, se rend dans les endroits les plus bas, et forme de tout petits filets d'eau, dont plusieurs se réunissent pour former des courants plus importants : ruisseaux, rivières, fleuves. Elle se rend enfin à la mer, d'où, en partie au moins, elle s'était élevée à l'état de vapeur.

L'autre partie de la pluie pénètre dans la terre et s'y enfonce jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche d'argile ou terre grasse pour lui barrer le passage et l'obliger à couler ou à stationner à sa surface. La masse d'eau qui se trouve ainsi profondément dans la terre s'appelle *nappe d'eau*. Lorsque cette eau trouve une issue pour sortir de la terre, elle coule à la surface du sol, et donne naissance à un cours d'eau : c'est une *source* (fig. 80).

Quand la neige des glaciers fond, la même chose se produit. L'eau, coulant quelquefois abondamment, forme,

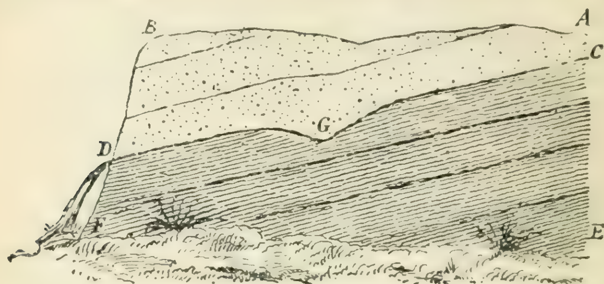


Fig. 80. — Source en D : D, B, A, C, G, D, sable que l'eau traverse. Cette eau ne peut pénétrer dans l'argile D, G, C, E, F et coule à sa surface.

sur les pentes fortement inclinées, des courants rapides, des *torrents*, parfois dévastateurs.

Une partie de l'eau produite par la fonte du glacier

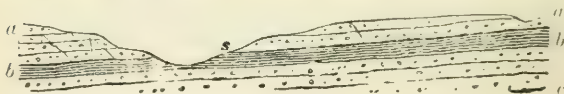


Fig. 81. — *a*, sables; *b*, couche d'argile, occasionnant la source *s* : *c*, calcaire.

peut également s'infiltrer dans le sol. Enfin, où elle arrive au jour, on a encore une source (fig. 81).

Le puits.

91. — Dans les pays où il n'y a ni sources ni cours d'eau, il faut se procurer l'eau nécessaire aux besoins du ménage, aux animaux, et aux plantes qui en réclament au moment où les pluies se font longtemps attendre. On

perce un trou dans la terre jusqu'à ce qu'on atteigne la nappe d'eau ou un courant souterrain.

Ce trou profond est un *puits*, duquel on tire l'eau au moyen de seaux ou à l'aide d'une pompe.

Cours d'eau : fleuves ou rivières.

92. — Les *cours d'eau* sont formés ou par l'*eau de ruissellement* provenant des pluies, ou par les *eaux d'infiltration* arrivant au jour par des sources (fig. 82), ou par les eaux provenant de la fonte des neiges et des glaciers, quelquefois par deux de ces circonstances ou toutes les trois à la fois.

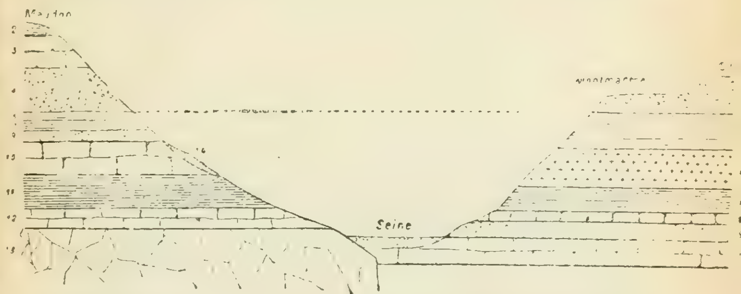


Fig. 82. — Coupe de la vallée de la Seine de Montmartre à Meudon.

Une rivière qui ne serait alimentée que par l'eau de ruissellement coulerait abondamment au moment des pluies; mais serait à sec presque aussitôt que la pluie aurait cessé de tomber. Les sources alimentées par les eaux d'infiltration régularisent donc plus ou moins le débit des cours d'eau.

On sait que l'eau qui tombe goutte à goutte ou en jet continu sur un corps quelconque, finit par le creuser plus ou moins. Et elle agit d'autant plus vite sur lui qu'il est

plus tendre. Une dalle en pierre dure sous une fontaine se creuse moins vite qu'une dalle en pierre tendre.

Dans son cours, l'eau produit sur les roches qu'elle rencontre une action semblable à celle produite sur la dalle d'une fontaine : elle lui enlève une certaine quantité de matériaux qu'elle charriera, mais qu'elle déposera tôt ou tard. Elle *détruit* ici et *réédifie* là.

Cette eau qui entraîne ainsi des fragments de roche est trouble, boueuse, grise ou jaunâtre. Elle diffère sensiblement de l'eau de source, qui est claire et limpide parce qu'elle a filtré dans le sol.

Ravinement des torrents. Effets du déboisement des montagnes.

93. — Quand la pluie tombe abondamment, qu'il *pleut*

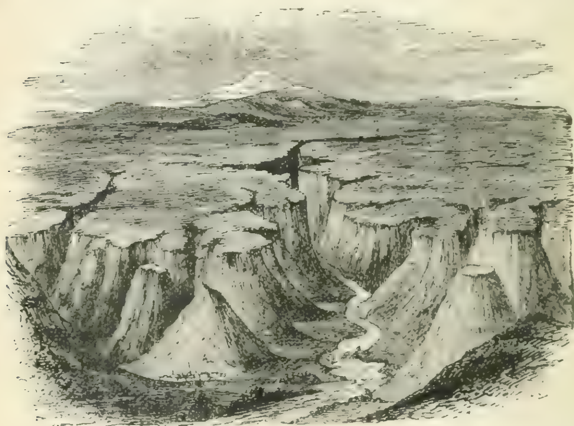


FIG. 83. — Ravinement d'un plateau par les eaux.

à torrent, elle ravine le sol non couvert d'herbe, le sol meuble, et surtout celui en pente un peu forte (fig. 83).

Alors, quand un orage vient s'abattre sur une montagne, il y a des torrents qui balayent tout sur leur passage enlevant toute la terre et les pierres mouvantes, laissant le roc à nu. Celui-ci est quelquefois attaqué, le torrent dévastateur emporte tout.

Supposons-nous dans un endroit où il n'y a point de cours d'eau, d'ordinaire : le torrent qui se sera ainsi formé dans l'endroit le plus bas se sera *creusé un lit* (fig. 84) qui sera à sec aussitôt l'orage passé. L'eau d'un autre orage

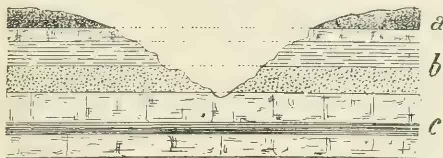


Fig. 84. — Vallée creusée par les eaux (vallées d'érosion). — *a*, terre végétale ; *b*, *c*, sédiments divers.

qui se produira au même endroit, trouvera un lit creusé, mais l'approfondira peut-être, l'élargira, le modifiera.

Ce ravinement est produit par tous les cours d'eau, surtout sur la pente des montagnes.

L'eau s'écoule vite et arrive bientôt dans les plaines. Ainsi toute l'eau qu'un orage a versée sur une grande étendue de montagnes est descendue de toutes les directions par divers ruisseaux se réunissant pour ne former qu'une rivière dont le lit est insuffisant pour contenir tout ce liquide qui se répand sur les cultures en passant par dessus les bords.

Si le sol est nu, ou si ce sont des cultures en terre meuble, tout est ravagé en un instant.

Le Rhône. Limon, sable, galets.

94. — Le fleuve français le plus typique pour l'étude d'un cours d'eau est certainement celui *qui tombe comme*

un taureau échappé des Alpes, perce un lac de dix-huit lieues et vole à la mer en inondant ses rivages.

Vous avez sans doute reconnu le Rhône avec sa *terrible impétuosité*.

Le Rhône prend sa source dans les Alpes de la Suisse, au mont Saint-Gothard, parcourt la vallée du Valais, traverse le lac de Genève, et, après avoir brusquement changé de direction, coule en ligne droite du nord au sud pour aboutir à la Méditerranée.

Le Rhône est impétueux, torrentueux : aussi arrache-t-il sur son passage des masses de pierres, et creuse-t-il profondément les roches qui forment son lit.

Tous les matériaux qu'il travaille ainsi n'ont pas le même degré de résistance : voilà pourquoi il formera du *limon*, du *sable*, du *gravier*, des *galets* et des *blocs* encore plus gros, dont il émoussera les angles, qu'il arrondira plus ou moins.

Dépôts formés de ces débris.

95. — L'*argile* et les autres roches tendres et peu résistantes entraînées et délayées dans l'eau, formeront le *limon*. Les matières plus résistantes, comme le *cristal de roche*, par exemple, réduites en menus morceaux donneront le *sable*. Enfin, toutes les pierres dures, *cristal de roche, silex, granit*, en morceaux plus gros, roulés et polis, formeront les *galets*.

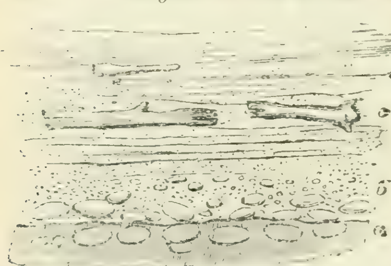


Fig. 85. — Coupes des sédiments déposés dans un chemin creux par des eaux d'inondation. — *a*, surface de la route ; *b*, gros gravier ; *c*, sable avec corps étrangers (bois, etc.) ; *d*, limon superficiel.

Mais il est facile de comprendre que le fleuve ne descendant pas toujours sur un terrain à pente rapide, son courant ne sera pas toujours aussi torrentueux.

Heureusement, car à un moment donné il roulerait une telle quantité d'eau que nulle barrière ne pourrait lui résister.

Aussi, dans les prairies où le courant se ralentit, verrons-nous se déposer peu à peu les blocs de roches, puis les galets, puis le sable, et en dernier lieu le limon (fig. 85).

On peut se rendre compte de cela en jetant dans un verre d'eau de la terre effritée, du gravier et des cailloux différents de grosseur (fig. 86). Tous ces dépôts prennent le nom de *dépôts sédimentaires*, et les terrains qui en sont formés sont dits *terrains sédimentaires*.

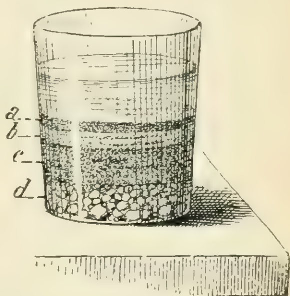


Fig. 86. — Formation de sédiments. — *a*, limon; *b*, sable; *c*, gravier; *d*, petits cailloux.

Déjà, dans la vallée du Valais, une partie des matériaux transportés se seront déposés. Mais une partie de ceux-ci pourra être reprise au moment d'une nouvelle crue et transportée plus loin.

Dépôts formés dans le lac de Genève.

96. — Arrivant au lac de Genève, le fleuve, trouvant une dépression très sensible du sol, y déverse ses eaux qui se mélangent plus ou moins et plus ou moins vite avec celles du lac, qui en définitive ne sont que les siennes. Mais les morceaux de roches, les galets, le sable et enfin le limon qu'il charrie, se précipitent au fond du

lac d'autant plus vite qu'ils sont plus lourds : les blocs et les galets d'abord, le sable ensuite et enfin le limon.

Le Rhône doit former à son entrée dans le lac un dépôt qui en comble une partie : et le lac doit diminuer de longueur sur ce point, à mesure que les dépôts s'avancent vers son intérieur et s'élèvent jusqu'à sa surface (fig. 87).

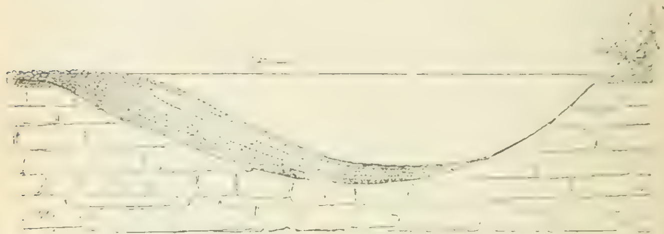


Fig. 87. — Sédiments lacustres se formant par l'apport d'un fleuve.

C'est en effet ce qui a lieu. Et depuis deux cents ans, le Rhône a pour ainsi dire repoussé vers l'ouest le bord oriental du lac d'environ 300 mètres.

Mais comme le sable et surtout le limon sont emportés par la force du courant à travers le lac, il se forme un dépôt dans les autres parties du lac.

Ce n'est pas tout encore. Le vent agitant plus ou moins les eaux du lac, ces eaux arrachent à ses bords des matériaux qui tombent au fond et augmentent le dépôt.

Alluvions.

97. — A sa sortie du lac Léman, le Rhône, quoique encore assez rapide, l'est cependant déjà bien moins. A un moment donné, non loin de Bellegarde, il traverse des roches qui se désagrègent facilement, une grande

partie de ses eaux coulent sous terre : c'est la *perte du Rhône*.

Ici les eaux se sont chargées d'une notable quantité de limon et de sable. Et lorsque son cours s'élargit et se ralentit, il dépose son sable et son limon.

Enfin, il reçoit l'Ain, son lit s'élargit considérablement et les eaux s'étendant sur une large surface déposent du sable et du limon en quantité. Ces dépôts continueront après qu'il aura reçu la Saône à Lyon. Et l'on aura ce qu'on appelle des *alluvions*.

Les *dépôts alluvionnaires* des fleuves, qui ont une origine analogue à celle des galets et des sables de la mer, puisqu'ils proviennent de l'érosion, entraînés jusqu'à la mer, réparent dans une large mesure les ruines occasionnées par les eaux marines.

Ces dépôts se fixent, s'affermissent. Et comme ils sont fertiles, l'homme s'en empare, les protège, en tire profit.

La Méditerranée, qui baignait, aux époques préhistoriques, le sommet du *delta* du Rhône, a perdu peu à peu l'immense triangle compris entre les golfes d'Aigues-Mortes, de Fos et d'Arles.

Là où nageaient autrefois les baleines, les marsouins et les requins, poussent la vigne, le blé et le foin; paissent des chevaux et des bœufs. C'est l'île de la Camargue.

A côté du Rhône travaille l'Aude, qui charrie annuellement 1 700 000 mètres cubes de *limon*, modifie continuellement la côte au détriment de la mer et au profit de l'agriculture.

La meilleure terre d'Égypte est la terre d'alluvions du Nil.

Barres.

98. — Le Rhône continuant son cours jusqu'à la Méditerranée tout en recevant ses affluents dont quelques-uns

sont forts torrentueux, il est évident qu'il y arrivera en charriant une certaine quantité de galets, de sable et de limon.

Or, les eaux du fleuve arrivant avec force sur celles de la mer, il se produit forcément un remou qui se fait sentir très haut dans le lit du fleuve. Les matières charriées ralentissent leur marche, s'arrêtent, *barrent* le passage de l'eau qui doit se déverser à droite et à gauche du *barrage*.

Et le fleuve, au lieu de couler dans un seul lit, coule dans deux lits. La même chose se produit dans chaque courant, qui se divise à son tour. Et le fleuve, au lieu de se déverser dans la mer par une seule *bouche*, se déverse par plusieurs : aussi dit-on les *bouches du Rhône*.

Cette masse de pierres et de terre qui s'oppose comme une barrière au passage de l'eau et l'oblige à changer de direction, se nomme *barre*.

Deltas.

99. — Il arrive que les *dépôts des barres* sont très importants et s'étendent au loin dans la mer, cachés par les eaux. Alors ils s'opposent aux mouvements violents des vagues et protègent ainsi l'embouchure du fleuve contre l'action de ces vagues. C'est ce qui a lieu dans bien des endroits, notamment en avant de l'embouchure du Rhône.

Là, les eaux sont relativement tranquilles, étant à l'abri des tempêtes. Les dépôts apportés continuellement par le courant du fleuve, limon et sable, n'étant pas emportés par les vagues au moment de leur formation, s'ajoutent aux dépôts des années précédentes, et la masse augmente ainsi à chaque minute.

Ces dépôts, parfois considérables (le Rhône en dépose

environ vingt millions de mètres cubes par an), finissent par s'élever au-dessus du niveau des eaux de la mer, se soudent à la terre ferme et augmentent ainsi le continent qui gagnera sur la rive.

C'est ainsi que sont formés les terrains de la Camargue, et bien d'autres sur nos bords méditerranéens.

Ce sont tous ces dépôts qui ont fait que le Rhône et d'autres fleuves se sont divisés en plusieurs branches.

Supposons deux branches principales du fleuve, de manière à avoir un triangle de terrain limité par ces deux branches et la mer, et l'on a un *delta* (fig. 88).

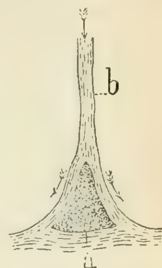


Fig. 88. — *b*, fleuve; *a*, delta, le subdivisant en deux branches.

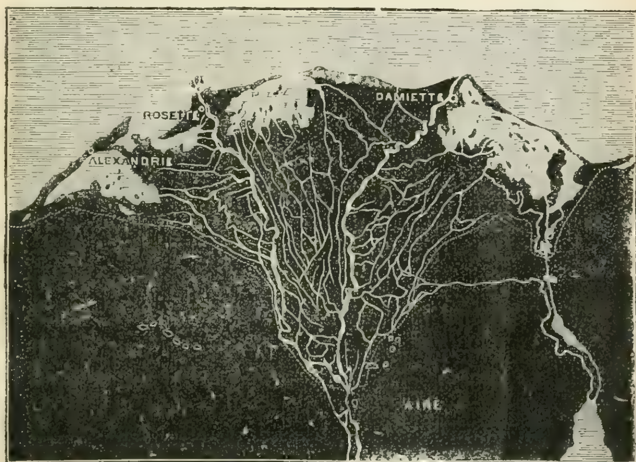


Fig. 89. — Delta du Nil. Au sommet, le Caire.

ainsi appelé parce qu'il ressemble à la lettre grecque Δ qui porte ce nom, et qui est un D majuscule.

Après le delta du Rhône, on peut citer le delta du Nil (fig. 89) et le delta du Mississipi (fig. 90).



Fig. 90. — Delta du Mississipi, en forme de patte d'oie.

Estuaires.

100. — Les *barres* ne se produisent pas à l'embouchure de tous les fleuves. C'est ainsi que lorsqu'un fleuve se jette dans une mer agitée, soit par les marées ou des courants marins sur le littoral, les matériaux amenés par le fleuve sont entraînés au loin.

Le fleuve s'élargit alors où ses eaux se mélangent à celles de la mer. Et l'on a ainsi une *large embouchure* à laquelle on donne le nom d'*estuaire*.

C'est ainsi que la marée montante dans l'Océan fait refluer en arrière les eaux de la Gironde. C'est ce qu'on

appelle le *mascaret* au moment des grandes marées. Puis, quand la mer se retire, toutes ces masses d'eau salée et d'eau douce descendent rapidement dans l'océan.

Il y a donc là un va-et-vient considérable chaque jour renouvelé qui détruit activement les bords du fleuve et en élargit le lit à son embouchure.

Cela se produit aussi à l'embouchure de la Loire dont *la perfide mollesse* cause souvent de terribles ravages, et à l'embouchure de la Seine où le *mascaret* prend le nom de *barre*.

QUESTIONNAIRE. — 90. En combien de parties se divise l'eau de pluie? Que devient l'eau de chacune de ces trois parties? — 91. Qu'est-ce qu'un puits? — 92. Comment se forment les cours d'eau? Que fait l'eau qui tombe goutte à goutte sur la pierre? Alors que fait l'eau courante? — 93. Que savez-vous du ravinement des torrents? Quels sont les effets du déboisement des montagnes? — 94. Que forme le Rhône avec tous les matériaux qu'il charrie. — 95. De quoi sont formés le limon, le sable, le gravier, les galets? Qu'appelle-t-on dépôts sédimentaires, terrains sédimentaires? — 96. Dans quel ordre doivent se déposer dans le lac de Genève les matériaux apportés par le Rhône? — 97. Comment se forment les dépôts alluvionnaires? Quelle terre d'alluvions connaissez-vous? — 98. Qu'appelle-t-on barres? Comment se forment les barres? — 99. Qu'est-ce qu'un delta? Comment se forme un delta? Quels deltas connaissez-vous? — 100. Qu'est-ce qu'un estuaire?

Dix-septième leçon.

DU RÔLE DE L'EAU

Nos grands fleuves de France.

101. — Nous connaissons bien le Rhône, que nous avons suivi pas à pas de sa source à son embouchure.

Voyons à présent si les autres fleuves de France lui ressemblent. Et commençons par la Seine.

La Seine est le premier de nos fleuves, a dit Michelet. Elle n'a ni la perfide mollesse de la Loire, ni la brusquerie de la Garonne, ni la terrible impétuosité du Rhône.

A partir de Troyes, la Seine prête ses eaux à de nombreuses manufactures.

La Seine et ses affluents proviennent de sources qui ne tarissent jamais; et comme ces cours d'eau ne sont jamais alimentés par des glaciers, il en résulte que ce fleuve a un cours régulier. Ils coulent tous sur des terrains perméables et d'une pente presque insensible.

La Seine est donc le plus navigable de nos fleuves. On a raison de dire qu'elle « est le premier de nos fleuves ».

La Loire et ses premiers affluents sont souvent grossis au printemps par suite de la fonte des neiges. Et comme ils coulent sur des terrains *imperméables*, il en résulte presque chaque année des inondations terribles dans la vallée de la Loire.

On voit, par la Seine et la Loire, combien l'influence des *terrains perméables* et des *terrains imperméables* est

grande sur le régime des cours d'eau. Les premiers permettent aux eaux de s'infiltrer et d'éviter les inondations et leurs ravages; les autres obligent les eaux à couler à leur surface, et amènent parfois de terribles catastrophes.

La Loire coulant dans la partie moyenne et inférieure de son cours sur un terrain presque plat, les bancs de sable sont nombreux, et exhaussent son lit qui, sur certains points, est plus élevé que les plaines environnantes. Aussi est-on obligé de protéger celles-ci par de gigantesques digues qui malheureusement se rompent quelquefois.

Son histoire est un peu celle du Pô, en Italie, qui coule en certains endroits sur un lit bien plus élevé que les pays environnants.

La Garonne n'est pas non plus exempte de débordements parfois terribles.

Utilité de l'eau courante.

102. — L'eau de nos fleuves et de nos rivières nous rend d'immenses services de toute nature.

En coulant dans le lit du fleuve, de la rivière, du ruisseau, elle *fait* souvent tourner une roue qui communique le *mouvement* à tout un système de roues, lesquelles, à leur tour, transmettent ce *mouvement* à d'autres, et permet ainsi de *faire* beaucoup de besogne avec peu d'hommes.

C'est ainsi qu'elle *fait* tourner le moulin qui sert à moudre le blé, matière première de notre pain.

Quand elle tombe d'une certaine hauteur, elle peut *faire mouvoir* de puissantes machines. Par le poids de sa chute, un mince filet d'eau est capable de donner une force considérable : ce qui est très commode et très économique pour l'industrie.

Les inondations et leurs ravages.

103. — Le cours d'eau est généralement bienfaisant pour les pays qu'il arrose; la vallée qu'il parcourt est souvent très fertile, et lui doit parfois la plus grande partie de sa richesse. En effet, c'est l'eau qui entretient la vie de toutes ces plantes si utiles à l'homme et aux animaux.

Mais ce cours d'eau est quelquefois bien terrible. Quand ses eaux débordent, elles font beaucoup de mal; il y a *inondation*.

Les inondations sont généralement redoutables. Elles se produisent principalement aux époques des fortes pluies, en automne, en hiver et au printemps. Les eaux sortent de leur *lit*, se répandent dans la plaine en détruisant tout : hommes, animaux, villages, villes, récoltes, etc.

Dans les pays traversés par des cours d'eau qui prennent naissance dans les glaciers, elles se produisent à la fin du printemps et en été, lorsque le soleil fait fondre ces glaces.

Il y a donc des inondations en toute saison.

Eaux potables.

104. — L'eau est rarement pure. Autrement dit, elle ne l'est jamais dans la nature.

L'eau de pluie que l'on peut recueillir directement lorsqu'il pleut, a pu dissoudre des gaz en traversant l'air. L'eau des sources et des cours d'eau a traversé des couches de terrain ou a coulé à la surface du sol, et a certainement dissous des matières terreuses.

Mais il faut savoir que pour être bonne à boire une eau ne doit pas être trop pure. L'eau pure ou distillée est fade et jusqu'à un certain point malsaine.

Pour être bonne aux usages domestiques, une eau doit :

1° Renfermer, par litre, de 15 à 30 centigrammes de matières terreuses contenant de la chaux, principalement de la *craie*, un peu de sel ordinaire ou *sel de cuisine*. Le

plâtre, même en faible proportion, rend l'eau mauvaise.

2° Être claire, limpide, ne pas contenir de limon en suspension.

3° Être incolore et sans odeur.

4° Contenir de l'air en dissolution.

5° Être à la température de 8 à 15 degrés centigrades.

Quand une eau est trouble, comme cela arrive après les grandes pluies, on la purifie en la filtrant. Les eaux des étangs non traversés par un cours d'eau, ou des citernes dans lesquelles pénètre la lumière, contiennent de petits végétaux microscopiques qui lui donnent une certaine teinte, indice d'une eau malsaine.

Toute eau dans laquelle arrivent, par infiltration ou autrement, des matières provenant des fosses d'aisances, des écuries ou des tas de fumier, est malsaine.

Toute eau bouillie, ou filtrée au charbon, doit être agitée au contact de l'air, parce qu'elle a perdu par l'ébullition et le filtrage au charbon l'air dissous qu'elle contenait.

L'eau, trop froide, est dangereuse et, trop chaude, elle est désagréable à boire.

On doit filtrer toute eau dont on n'est pas certain de la bonne qualité.

Défauts des eaux ordinaires.

105. — Un défaut commun des eaux ordinaires, est de renfermer une trop grande quantité de matières calcaires dissoutes, ou du plâtre. Ces eaux sont difficiles à digérer.

On peut reconnaître ces eaux à la *cuisson des légumes* et *au savonnage*.

Si l'on fait cuire dans de l'eau semblable, des pois, des haricots, des lentilles, ou d'autres légumes, la matière alimentaire qu'ils contiennent s'unit à la chaux et forme avec elle un composé pierreux : la cuisson se fait mal, les légumes restent durs.

Il y a des eaux tellement chargées de calcaire que celui-ci se dépose sur les objets que l'on plonge dedans : ces eaux sont dites *incrustantes* (fig. 91). On les dit quelquefois pétrifiantes : ce qui est une erreur.



Fig. 91. — Grappe de raisin pétrifiée. — *a*, pédoncule de la grappe; *b*, couche de calcaire incrustant.

Mais les eaux fortement calcaires se reconnaissent surtout avec le *savon*.

Quand on savonne du linge en se servant de semblables eaux, il se forme entre le savon et la chaux un composé *insoluble*, qui flotte dans l'eau sous forme de *grumeaux* : l'eau ne dissout pas suffisamment le savon.

On mesure facilement le degré de pureté d'une eau par la quantité de savon qu'il faut ajouter à une quantité déterminée d'eau pour la faire *mousser*; car la *mousse* ne se produit pas aussi longtemps qu'il reste des matières calcaires dissoutes dans l'eau : autrement dit aussi longtemps que le savon ne s'est pas emparé de ces matières pour former les dits grumeaux insolubles.

Questionnaire. — 101. Que savez-vous de la Seine? Quelle différence y a-t-il entre les terrains du bassin de la Seine et les terrains du bassin de la Loire? A quel fleuve d'Italie avons-nous comparé la Loire. Que savez-vous sur les débordements de nos quatre grands fleuves français? — 102. Que savez-vous sur l'utilité des cours d'eau? — 103. Qu'est-ce qu'une inondation? A quelles époques de l'année se produisent-elles le plus souvent? Qu'est-ce qui influe sur l'époque des inondations de certains cours d'eau? — 104. Qu'est-ce qu'une eau potable? Que faut-il pour qu'une eau soit potable? — 105. Quel est le défaut de beaucoup d'eaux? Comment peut-on reconnaitre si une eau est vraiment potable?

Dix-huitième leçon.

SOURCES MINÉRALES. GROTTES ET CAVERNES

Sources thermales ou thermo-minérales.

106. — L'eau d'infiltration, surtout lorsqu'elle pénètre très profondément dans les couches du sol, rencontre des roches de plus en plus chaudes, car la température augmente à mesure qu'on descend dans la terre. Elle devient alors *plus ou moins chaude.*

Si cette *eau chaude* arrive à la surface du sol, elle forme une *source thermale.*

Mais l'eau chaude dissout plus de matières minérales que l'eau froide ; aussi les eaux thermales renferment-elles beaucoup plus de matières minérales en dissolution que l'eau froide. C'est pourquoi on appelle leurs sources, *sources thermo-minérales.*

Quelquefois cependant les eaux d'infiltration ont rencontré non loin de la surface de la terre des roches contenant des *matières minérales*, elles donnent lieu alors à des *sources minérales froides.*

Les *eaux minérales* sont parfois d'un grand secours pour la guérison de certaines maladies.

Les plus renommées parmi les *eaux minérales* françaises, notamment les *eaux thermales*, sont celles de *Vichy*, dans le département de l'Allier : il y a les sources de la *Grande-Grille*, de l'*Hôpital*, des *Célestins*, d'*Hauterive*, qui sont *presque en ligne droite* ; puis, latéralement et à peu de distance, on en trouve un certain nombre,

telles que les *sources Chomel*, *Mesdames*, *Lardy*, *Saint-Yorre*, etc.

La température et la composition de ces eaux sont fort différentes : l'eau de la Grande-Grille atteint de 42 à 44 degrés, et sans saveur acidulée ; celle des Célestins ne dépasse pas 18 degrés et dégage beaucoup d'acide carbonique.

Classification des sources thermales.

107. — Les *sources thermales* peuvent se classer, d'après les substances qu'elles renferment, en cinq groupes :

1° *Eaux acidulées*, dans lesquelles le gaz carbonique est l'élément prédominant. Telles sont celles de *Seltz* dans le duché de Nassau, en Allemagne, de *Soulzmatt*, près de Colmar.

2° *Eaux alcalines* : *Vichy*, en France (Allier); *Vals*, dans l'Ardèche; *Ems*, en Allemagne, Prusse Rhénane.

3° *Eaux salines* renfermant du *chlorure de sodium* ou *sel de cuisine* ; *des sulfates de fer*, comme à *Carlsbad*, en Bohême ; des *sulfates de magnésium*, comme à *Epsom*, près de Londres, à *Sedlitz* et à *Pullna* en Bohême.

4° *Eaux sulfureuses*, riches en *sulfures de sodium*, comme à *Bagnères-de-Luchon* (Haute-Garonne), à *Barèges* et à *Cauterets* (Hautes-Pyrénées), à *Enghien* (Seine-et-Oise).

5° *Eaux ferrugineuses*, contenant des *sels de fer*, à *Bussang* (Vosges, arrondissement de Remiremont), à *Forges* (Seine-et-Oise), à *Orezza* (Corse), à *Spa*, en Belgique, province de Liège.

Cours d'eau souterrains. Grottes. Cavernes. Couloirs. Gouffres. Abîmes.

108. — Une partie dé l'eau de pluie, l'*eau de ruissellement*, coule sous nos yeux à la surface du sol. Nous

pouvons la suivre. Nous la voyons former sur la terre de petits cours d'eau, des ruisselets, des ruisseaux, des rivières, des fleuves. Nous la voyons creuser le *lit* dans lequel elle coule. Un cours d'eau a creusé non seulement son lit, mais encore la *vallée* au fond de laquelle il coule.

Et la plupart des *vallées sèches*, c'est-à-dire n'ayant point de cours d'eau, ont dû en avoir un à une certaine époque.

Tout cela pourra peut-être nous instruire sur l'eau d'infiltration qui échappe à nos regards au bout d'un temps plus ou moins long après qu'elle est tombée en pluie.

En effet, elle doit également, dans le sol, se réunir en filets, en ruisselets, en ruisseaux, en rivières et en fleuves, car les *nappes d'eau souterraines* sont des sortes de mers *souterraines*.

Cette eau d'infiltration délaye la terre qui se trouve entre les roches ou dans leurs fissures, et l'entraîne peu à peu.

De plus, on sait que l'eau a la propriété de dissoudre certaines roches, notamment les calcaires. Elle creuse donc ainsi dans l'écorce terrestre des *galeries*, des *grottes*, des *cavernes*, que l'on explore activement depuis quelques années.

Dans certains pays, sur une certaine étendue de territoire où les eaux de pluie ou celles provenant de la fonte des neiges n'ont pas d'écoulement par suite de la configuration du sol, elles se rendent dans la partie la plus basse où elles formeraient des lacs si elles n'étaient pas paresseuses à creuser la terre végétale et à atteindre la roche pierreuse dans laquelle elles trouvent un écoulement.

On comprend facilement qu'au moment des grandes pluies, il s'infiltre ainsi au même endroit une masse d'eau considérable, qui doit agir activement sur les roches argi-

leuses, calcaires ou sableuses. Quelles galeries souterraines doivent ainsi se produire !

D'autres fois, c'est une rivière qui disparaît à un moment donné, entièrement ou partiellement, pour reparaître plus loin : tels sont le Loiret, le Rhône, la Meuse, la Sorgue à Vaucluse, la Guadiana en Espagne, etc.

Il faut donc qu'il y ait là de forts courants souterrains qui peu à peu se sont creusé un lit.

De même que les vallées se sont approfondies avec le temps, de même ces *galeries souterraines* doivent s'approfondir, s'élargir.

Stalactites et Stalagmites.

109. — Souvent les eaux d'infiltration qui tiennent des matières calcaires en dissolution les déposent peu à peu en suintant aux plafonds de ces galeries souterraines, de ces grottes, de ces cavernes; ces dépôts s'épaississent, s'allongent et donnent lieu à des *stalactites* (fig. 92) de calcaire semblables aux stalactites de glace qui se forment lorsque l'eau goutte ou coule faiblement quelque part pendant qu'il gèle.

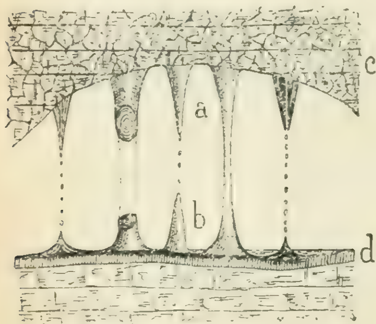


Fig. 92. — *a*, stalactites; *b*, stalagmites; *c*, calcaire avec filets d'eau; *d*, plancher stalagmitique.

L'eau, en glissant sur ces dépôts des plafonds et en les augmentant constamment, arrive à leur partie inférieure (fig. 109), tombe goutte à goutte sur l'*aire* de la grotte, du couloir, de la caverne, y forme un nouveau dépôt de

calcaire qui va lui aussi en augmentant, s'élève vers la stalactite qui conduit l'eau, forme une *stalagmite* (fig. 93).

Les grottes présentent ainsi à un moment donné deux

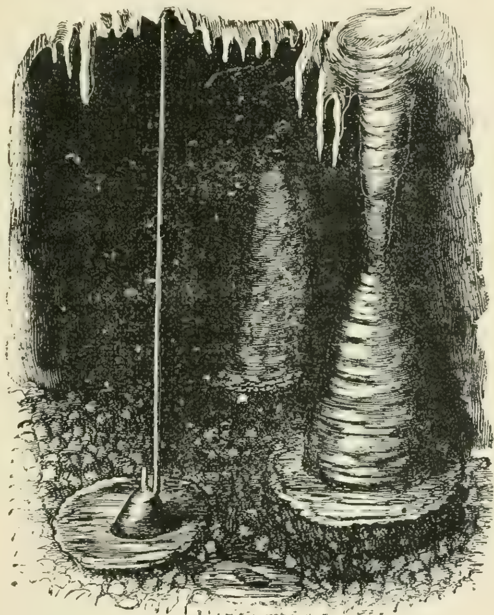


Fig. 93. — Stalactites et stalagmites, île de Cably.

forêts de *cônes*, l'une à cônes renversés, l'autre à cônes droits.

Enfin, les uns et les autres, augmentant toujours de longueur tout en augmentant de grosseur, finissent par se rejoindre et forment des *colonnes*, d'abord très étroites du milieu, puis devenant de plus en plus grosses dans toute leur étendue.

Se promener dans une semblable caverne, c'est comme

si l'on se promenait dans une immense salle dont le plafond serait maintenu par des centaines, des milliers de colonnes.

S'y promener avec une lumière, c'est se croire dans les salles dont parlent les contes de fées.

Ces milliards de milliards de cristaux reflètent la lumière qui devient vraiment éblouissante.

Si le plafond d'une semblable excavation ne peut soutenir la masse rocheuse qui le recouvre, il *s'effondre*. On a alors à la surface du sol un trou en forme d'entonnoir, parfois un gouffre profond.

C'est ainsi qu'à Lons-le-Saunier il se forma, il n'y a pas très longtemps, un gouffre de 22 mètres de diamètre, entraînant les maisons, qui furent couvertes d'une couche d'eau de 15 mètres d'épaisseur.

L'étude des cavernes se nomme la *spéléologie*, du grec *spelaion*, antre, caverne, grotte, et *logos*, discours, science, et les savants qui s'en occupent sont appelés *spéléologues*.

La spéléologie.

110. — La *spéléologie* est une science toute nouvelle. Elle date de 1880. Elle est la fille d'un savant français, M. Martel, avocat à Paris.

Il y a des grottes, des cavernes, des antres, des couloirs, des abîmes, des gouffres dans le monde entier. On en a exploré un peu partout.

Mais sans sortir de notre belle France, on peut en voir des quantités et de toute beauté.

Le pays de France le plus riche en ce genre de richesses semble être la partie sud du Plateau Central, comme dans les *Causses* du Rouergue, département de l'Aveyron.

Sans remonter plus haut, et sans sortir de France, voici les découvertes ou visites souterraines qui ont été faites au cours de l'année 1902.

Dans le Lot-et-Garonne, à Montclar-d'Agenais, on a découvert de belles grottes et un ruisseau souterrain. Ces grottes ont un kilomètre de long.

Dans le Lot, on a trouvé au fond d'un abîme de 80 mètres de profondeur, appelé l'Igue Saint-Sol, une grotte de 800 mètres de long, très riche en stalactites.

Non loin de Reims, dans la Marne, entre Verzy et Ambonnay, on a étudié une rivière souterraine longue de 1 000 mètres et dont la profondeur, des eaux varie entre 0 m. 20 et 1 m. 10. La vitesse des eaux est de 330 mètres à l'heure. Elle coule au milieu d'éboulis de voûtes et de parois et forme des cascades ayant jusqu'à 1 m. 50 de hauteur. Elle reçoit un affluent.

La plus grande grotte connue en Europe se trouve en Suisse dans la vallée de la Muotta. Son ouverture est si basse qu'il faut ramper pour y pénétrer.

En 1902, quatre hommes, munis de vivres, de lanternes, de cordes et de crampons, y passèrent trente-six heures et la parcoururent sur une longueur de 1 400 mètres.

On pense qu'elle doit comprendre trois étages de cavernes. On a déjà visité deux étages et parcouru une longueur de 7 900 mètres.

Questionnaire. — 106. Qu'appelle-t-on eaux thermales, eaux minérales? Comment expliquez-vous qu'il y a des eaux thermales, des eaux minérales? Citez les eaux minérales les plus renommées de France. — 107. Que savez-vous de la classification des sources thermales? — 108. Comment se forment les cavités souterraines : grottes, cavernes, couloirs, gouffres, abîmes? — 109. Qu'appelle-t-on stalactites et stalagmites? Comment se forment-elles? Dites ce que vous savez à ce sujet. Qu'est-ce que la spéléologie? — 110. Dites ce que vous savez sur les grottes et cavernes. Enumérez les principales.

Dix-neuvième leçon.

VASES COMMUNICANTS. — PUITS ARTÉSIENS. INFLUENCE DES FORÊTS

Les vases communicants.

111. — Je veux vous montrer quelque chose que vous avez déjà vu plusieurs fois, mais à quoi vous n'avez peut-être jamais réfléchi.

Je puis prendre une règle, un livre, une planche, et l'incliner comme l'est le dessus de vos tables, vous le voyez.



Fig. 94. — Vases communicants ; le niveau de l'eau est le même partout.

A présent, je vais pencher une bouteille à moitié remplie d'eau. La surface du liquide est-elle inclinée ou horizontale? Elle est horizontale, et il est impossible de lui faire prendre une autre position sans laisser couler le liquide. C'est que la surface d'une eau *tranquille* est toujours horizontale.

Retenez bien ceci.

Faisons une autre expérience.

Voici un tube en verre deux fois courbé.

Je verse de l'eau dans l'une des branches. Vous voyez que le liquide monte dans l'autre branche, et s'y trouve à la même hauteur que dans la première.

C'est que l'eau, de même que tous les liquides, d'ail-

leurs, cherche toujours à *se mettre de niveau* dans tous les vases qui communiquent entre eux (fig. 94).

Autrement dit, le liquide s'élève toujours à la même hauteur dans tous les vases qui communiquent entre eux, quelles qu'en soient la forme et la grandeur.

Cette expérience s'appelle *expérience des vases communicants*.

Les jets d'eau.

112. — Nous allons à présent nous servir de deux tubes en verre réunis par un tube en caoutchouc.

Que l'un de vous verse de l'eau dans le petit entonnoir placé sur l'un des tubes en verre, pendant que je tiendrai le tout de mes deux mains.

Vous le voyez, l'eau est encore de niveau dans les deux tubes.

A présent, je baisse le tube qui n'a pas l'entonnoir.

L'eau en sort par le haut et jaillit. Nous avons un *jet d'eau*. *Le liquide tend à se mettre de niveau.*

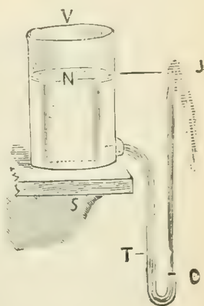


Fig. 95. — Principe du jet d'eau. — V, réservoir; NJ, niveau de l'eau; S, support du réservoir; T, tuyau; OJ, jet d'eau.

Supposez le vase et l'entonnoir qui nous servent à verser l'eau remplacés par un *réservoir*, un *bassin*, et vous aurez un *jet d'eau* (fig. 95) comme ceux de nos jardins publics.

Le principe des *puits artésiens* est le même que celui des vases communicants et des jets d'eau. Les tubes sont remplacés par une couche d'argile sur laquelle l'eau

coule, et par le trou que l'on creuse, le *puits*, en un mot (fig. 96, 97).

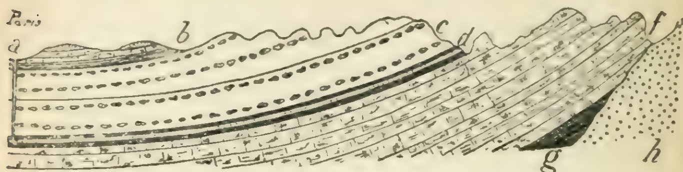


Fig. 96. — Coupe du bassin de Paris (de Paris *a*) à Avallon (*f*). — *a*, puits artésien; *ab*, terrains tertiaires; *bc*, Cretacé sup. (craie à silex); *d*, sables aquifères entre deux couches d'argile (Cretacé inf.); *df*, Jurassique; *g*, terrains primaires, n'affleurant pas là; *h*, granite; *f*, Avallon; *d*, Joigny; *b*, Montereau.

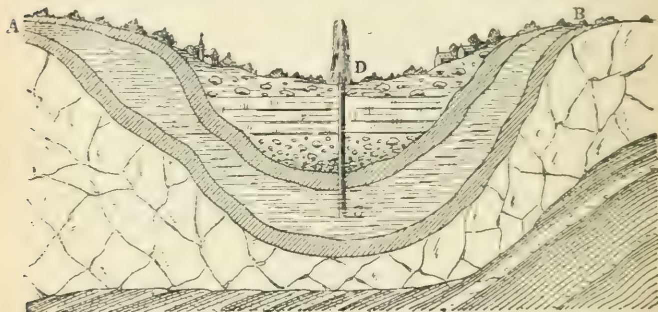


Fig. 97. — ACB, nappe d'eau emprisonnée entre deux couches d'argile; CD, puits artésien (fig. théor.).

Puits artésiens. Manière de les forer.

113. — Les *puits artésiens* (fig. 98) sont ainsi appelés parce qu'on commença à les percer dans notre province de l'Artois.

En Égypte et en Algérie, des centaines de puits artésiens ont été *forés* et transforment en régions fertiles des régions entièrement stériles, de véritables déserts.

La profondeur des puits artésiens varie nécessairement suivant le lieu où on les établit, suivant la nature du sol, l'altitude, etc.

Celui de Saint-Louis de Missouri, en Amérique, a 800 mètres de profondeur.

Le puits de Grenelle, en plein Paris, a 546 mètres de profondeur et un jet de 37 mètres.

Celui de Passy, à Paris, donne par jour 17 000 mètres cubes d'eau.

Celui de la place Hébert, à Paris (18e arrondissement), donne une eau sulfureuse dont la température est de 27 à 28°.

Enfin, Paris possède un quatrième puits artésien, sur la Butte aux Cailles, dans le treizième arrondissement, entrepris en 1863, profond de 583 mètres, donnant de 7 à 8 000 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures, à une température de 28°,5, et légèrement sulfureuse.

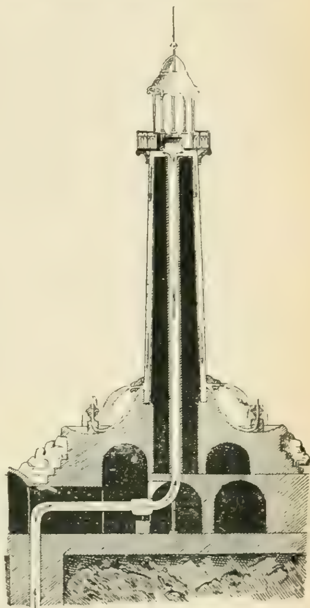


Fig. 98. — Coupe d'un puits artésien. (Puits de Grenelle à Paris, démoli en 1904).

Forer un puits artérien est parfois, souvent, presque toujours même, une entreprise gigantesque qui demande de forts capitaux, un outillage monstre, exige un temps fort long. Aussi, tout le monde ne peut-il entreprendre un semblable travail.

Les outils perforateurs varient suivant la nature de la roche à entamer.

Une sorte de *mèche*, un ciseau particulier très lourd est mû au moyen de la vapeur. Suspendu verticalement en l'air, il retombe de tout son poids et entame la roche avec son extrémité inférieure en creusant un trou cylindre.

Lorsqu'on trouve qu'il y a assez de la roche d'entamée, on remplace la *mèche* par une *cuillère* également très lourde que l'on introduit dans le trou de sonde, et que l'on fait tourner dedans pour qu'elle recueille la partie de la roche détachée par la *mèche*.

A mesure que le trou devient plus profond, on allonge la *mèche* et la *cuillère* à l'aide de tiges en fer qui se vissent bout à bout, et dont l'inférieure se visse à la mèche ou à la cuillère.

Et, à mesure que l'on creuse plus profondément, on introduit dans le trou des tubes métalliques pour empêcher la roche forée de s'ébouler et d'obstruer le conduit. Un puits artésien coûte donc très cher à établir.

Mais il arrive que l'activité et la persévérance des hommes parvient à faire de ces entreprises gigantesques, qu'on ne croirait réalisables qu'avec d'énormes capitaux.

Telle fut l'entreprise de ce curé qui finit par percer une montagne du Plateau Central pour mettre son pays en communication avec le reste de la France.

Telle fut aussi celle de l'abbé Rouault qui parvint à creuser les puits artésiens de Saint-Aubin, en Maine-et-Loire, entreprise rapportée par le vicomte Héricart de Thury, ingénieur en chef des mines, mort le 15 janvier 1854.

Les puits artésiens de Saint-Aubin.

114. — « La commune de Saint-Aubin-des-Alleuts est située sur un plateau élevé de 50 à 60 mètres au-dessus

de la Loire, sur la route de Thouars à Angers, dans le département de Maine-et-Loire.

Affligé de voir ses paroissiens manquer d'eau, l'abbé Rouault, jeune ecclésiastique distingué par ses connaissances en géologie, botanique, agriculture et mécanique, avait entendu parler d'eaux souterraines ramenées, jaillissantes à la surface de la terre, à l'aide d'une sonde, aux environs de Loudun, dans le département de la Vienne. Il ne douta point que, d'après sa nature, la plaine de Saint-Aubin, plus basse que le pays de Loudun, ne présentât des conditions pour le moins aussi favorables au jaillissement des eaux souterraines. Sans fortune, l'abbé Rouault n'avait que son faible traitement qu'il partageait encore avec les pauvres de sa paroisse. Ne pouvant acheter une sonde, et cependant persuadé du succès du sondage qu'il ferait dans la plaine de Saint-Aubin, il essaya avec la tarière à manche de bois, dont se servait pour percer les moyeux le charron de son village, de percer la terre dans son jardin.

Un premier essai fut infructueux, il devait l'être; mais l'abbé Rouault n'était pas homme à se décourager : il recommença son essai. Et, s'armant de persévérance, et surtout de cette volonté de fer qui échoue rarement, quand elle est bien et sagement dirigée, il entreprit un nouveau sondage, et jugez de sa joie, quand, retirant avec peine sa tarière empâtée de glaise, il vit tout à coup surgir avec impétuosité et inonder son jardin, un jet d'eau vive et abondante s'élevant à plusieurs mètres au-dessus du sol : le succès aussitôt ébruité fit accourir tous les habitants de Saint-Aubin. Émerveillés de ce prodige, ils comblèrent de bénédictions leur nouveau Moïse et louèrent, en buvant à longs traits, l'eau de sa fontaine miraculeuse.

Encouragé par l'allégresse, les cris de joie et les bénédictions de ses paroissiens, l'abbé Rouault entreprit,

quelques jours après, un second puits avec son chétif instrument : un plein succès couronna cette seconde tentative. Il en fit ensuite successivement plusieurs autres, sans jamais mettre aucun prix à ses travaux : aussi la plaine de Saint-Aubin-des-Alleuts, autrefois sèche et aride, offre-t-elle aujourd'hui la plus belle, la plus brillante végétation. »

Influence des forêts sur le régime des eaux et sur le climat. Déboisement et reboisement des montagnes.

L'arbre est le plus beau don que Dieu ait fait aux hommes.

Pline.

115. — Les *forêts* ne sont pas seulement une source de richesse nationale par le bois qu'elles produisent : elles le sont aussi par l'heureuse influence qu'elles exercent sur le *régime des eaux* d'un pays et sur son *climat*.

Les forêts sont des filtres merveilleux qui purifient l'air. Elles sont la tutelle des climats ; elles équilibrent la température, disciplinent les courants d'air, arrêtent la pluie sur le terrain, pourvoient ainsi aux conditions *hygrométriques* du sous-sol et produisent les sources : elles protègent les collines et tous les terrains en pente de la ravine, règlent la chute des pluies, produisent le combustible indispensable aux pays privés de la houille, donnent le bois de construction et le bois de travail de toutes sortes, nous protègent de la grêle.

De chacune de ces grandes fonctions que l'arbre accomplit presque comme un bienfaiteur de l'homme, nous dirons un mot.

Les forêts sont des filtres merveilleux qui purifient l'air.

116. — Comme les polypes et des myriades d'animaux microscopiques sont destinés à purifier l'eau de la mer, sans lesquels cette eau serait en continuelle putréfaction et les poissons ne pourraient vivre, et par conséquent ni aucun être vivant, de même les plantes, surtout les arbres, avec leur feuillage verdoyant, purifient l'air en lui enlevant les organismes invisibles et malfaisants, et les miasmes.

De plus, les feuilles, qui sont les poumons des plantes, sont pourvues de *stomates*, qui absorbent ce que nous exhalons et qui nous serait nuisible, c'est-à-dire l'acide *carbonique*. Celui-ci, de jour, est décomposé en *carbone* qui reste pour accroître les plantes, et en *oxygène* qui, devenu libre, retourne à l'air, et lui redonne ce pouvoir vivifiant que les animaux et les combustions tendent à détruire.

C'est pour cela que, dans les campagnes boisées, l'air est plus pur, plus oxygéné, et la santé plus florissante.

Les forêts sont la tutelle des climats, équilibrent la température, disciplinent les courants d'air.

117. — Comme l'eau de la mer qui entoure la terre rend plus constant le climat des îles, en réchauffant l'air et la terre en hiver, et en rafraîchissant l'un et l'autre en été, de même les plantes, surtout les arbres avec leur abondante chevelure, modèrent les températures, c'est-à-dire les rendent moins chaudes en été et moins rigoureuses en hiver.

En entrant dans un bois en été, on jouit d'une délicieuse fraîcheur, et en hiver d'une douce tiédeur.

Dans les pays froids, les arbres facilitent la fonte des neiges. Dans les pays chauds, ils maintiennent le sol frais et humide.

Les arbres qui se trouvent dans les montagnes, grâce à leur haute chevelure, modèrent la furie des vents en faisant obstacle à leur impétuosité, nous les rendent moins cruels, ainsi qu'aux animaux et aux plantes basses.

Les forêts arrêtent la pluie sur le sol, et pourvoient ainsi aux conditions hygrométriques du sous-sol et produisent les sources.

118. — Les forêts arrêtent la pluie sur le sol. Pour s'en rendre compte, il suffit de comparer une montagne nue à une montagne boisée : sur celle-là l'eau descend et s'en va, et sur celle-ci l'eau est retenue.

Les racines des arbres maintiennent le terrain humide qui devient perméable aux pluies. En s'infiltrant, les eaux descendent dans le sous-sol, et, coulant sur une couche imperméable, elles finissent par arriver au jour, et l'on a des sources bienfaisantes.

Bien des fois on a vu des sources disparaître à la suite de défrichements importants, et après, de grandes pluies torrentielles tomber alors dans un pays où elles étaient complètement inconnues jusqu'alors; et, plus tard, la montagne étant reboisée, on a vu ces mêmes pluies torrentielles disparaître à leur tour, et être remplacées par des sources, et des ruisseaux d'eau limpide couler en permanence.

Les forêts protègent les collines du ravinement. Elles règlent la chute de la pluie.

119. — Sur les terrains montueux et en pente, la culture des arbres est un grand bienfait. On doit y planter

des arbres à haute tige très résistants, qui, avec leurs racines, lient le sol, le maintiennent sur la montagne.

Dans les régions non boisées, les pluies sont plus rares et moins régulières. Ce sont le plus souvent des pluies torrentielles apportées par le vent, et qui font au sol plus de mal que de bien en le battant et en le ravinant.

Dans les régions boisées, au contraire, les pluies sont régulières, parce qu'il se dégage des feuilles des arbres une immense quantité de vapeur d'eau, qui, unie à celle qui s'élève de la mer avec le vent frais, se condense en pluie bienfaisante parce qu'elle est régulière, continue et non torrentielle.

Les forêts protègent de la grêle.

120. — Un terrain non boisé est plus mauvais conducteur de l'électricité que ne l'est un terrain boisé, dans lequel l'électricité atmosphérique peut plus facilement devenir rare dans le sol.

Et dans les montagnes que l'on a déboisées, la grêle tombe souvent là où elle ne tombait jamais auparavant, et les récoltes des champs voisins sont détruites à cause du déboisement.

On peut conclure que les forêts sont un bienfait pour un pays.

Si l'on a inconsidérément déboisé un pays, il est donc nécessaire de le reboiser.

Si un pays non boisé souffre par trop de l'absence de bois, il faut donc en planter autant qu'il est possible.

Ne détruisons pas les forêts.
Faisons des coupes réglées suivant les besoins.

121. — Quand, par amour du gain, l'homme abat les bois d'une région, les températures y deviennent plus

chaudes en été, plus rigoureuses en hiver. Alors les pluies y deviennent torrentielles, produisant de terribles inondations, quelquefois des dévastations. De plus, les vents y deviennent impétueux, exterminant tout sur leur passage. La grêle y tombe fréquemment détruisant toutes les récoltes.

On peut, sans amener trop de troubles dans une région, abattre çà et là de grands arbres en en laissant croître des jeunes.

QUESTIONNAIRE. — 111. Qu'avez-vous à dire sur le niveau du liquide dans des vases qui communiquent? — 112. Quelle application journalière fait-on du principe des vases communicants? — 113. Sur quel principe repose l'établissement d'un puits artésien? Que savez-vous du forage des puits artésiens? — 114. Dites ce que vous savez des puits artésiens de Saint-Aubin-des-Alleuh? — 115. Les forêts ont-elles une influence sur le régime des eaux et sur le climat? — 116. Comment les forêts purifient-elles l'air? — 117. Comment les forêts sont-elles la tutelle des climats, équilibrent-elles la température et disciplinent-elles les courants d'air? — 118. Comment pourvoient-elles aux conditions hygrométriques du sous-sol? — 119. Qu'ont à voir les forêts avec le ravinement? — 120. Comment les forêts protègent-elles de la grêle? — 121. Faut-il détruire les forêts?

Vingtième leçon.

LA MER

Terrains détruits ou formés par la mer. Falaises, galets, dunes.

La mer est l'image de l'infini.
P. Foncin.

122. — La surface de la *terre* est d'environ cinq millions de myriamètres carrés. Près des trois quarts sont occupés par les *mers*.

Les *terres* sont surtout groupées autour du pôle Nord. Les eaux sont rejetées vers le pôle Sud.

La figure 99 représente l'hémisphère continental. Placée



Fig. 99. — Hémisphère continental (pôle Nord).



Fig. 100. — Hémisphère océanique (pôle Sud).

de manière que la France en occupe le milieu, on voit presque toutes les terres.

La figure 100 représente l'hémisphère océanique. La Nouvelle-Zélande en occupe presque le centre.

Si la surface de la *terre* nous montre des montagnes

et des vallées, le fond des océans n'en diffère en rien. Les plus hautes montagnes dépassent le niveau des eaux et forment des îles. Des groupes d'îles nous indiquent des chaînes de montagnes, ou des massifs sous les eaux.

Salure des eaux des mers.

123. — L'eau de la mer est *salée*. Elle contient non seulement du *sel ordinaire* ou *chlorure de sodium*, mais encore un grand nombre d'autres substances minérales dissoutes. Si l'on évapore dans un vase en porcelaine une certaine quantité d'eau de mer, il reste un résidu solide considérable, formé en majeure partie de *sel de cuisine*. Une expérience faite dans les mêmes conditions avec de l'eau de rivière ne laisserait qu'un résidu insignifiant, le plus souvent formé de calcaire.

Les eaux de toutes les mers ne renferment pas la même quantité de sels solides. Voici les quantités de sels solides contenues dans *un litre d'eau* de certaines mers :

Eau de la mer Caspienne 6 grammes ;
Eau de la mer d'Azof 12 grammes ;
Eau de la mer Noire 18 grammes ;
Eau de l'océan Pacifique de 30 à 34 grammes ;
Eau de la Méditerranée de 30 à 40 grammes ;
Eau de l'Atlantique de 32 à 36 grammes ;
Eau de la mer Morte de 240 à 250 grammes.

Mouvements de la mer. Marées. Flux et reflux.

124. — Quiconque est allé au bord de la mer, a pu voir qu'elle ne conserve pas constamment la même limite sur le rivage. Chaque jour l'eau monte à une certaine

hauteur, pour redescendre, et ainsi de suite. Tout ceci se fait avec une régularité mathématique.

On connaît la marche des eaux comme celle du soleil. *La mer est une énorme clepsydre.*

La mer met un peu plus de six heures à passer de la

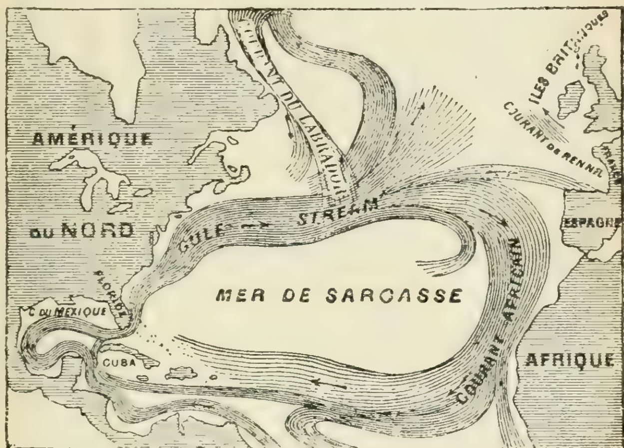


Fig. 101. — Carte de l'Atlantique montrant le cours du Gulf Stream

partie inférieure de la plage à la partie la plus élevée. Le mouvement réglé de la mer qui s'avance vers le rivage se nomme *flux*. Le mouvement de la mer qui se retire est dit *reflux*.

Le *flux* et le *reflux* constituent le phénomène des *marées*. Quand la mer est montée, on est à *marée haute*; quand la mer est descendue, on est à *marée basse*. On a donc un de ces deux phénomènes toutes les six heures.

Les marées sont produites par l'attraction combinée du soleil et de la lune à la surface des mers.

Les eaux de la mer ont encore un autre genre de mou-

vements. La nappe liquide est traversée par de nombreux courants, parfaitement réguliers, suivant toujours le même chemin : ce sont des sortes de fleuves coulant au milieu des océans.

Tout le monde connaît le *Gulf Stream* (fig. 101), mot anglais qui signifie courant du golfe, lequel vient du golfe du Mexique, longe la côte orientale de l'Amérique et se dirige ensuite vers l'Europe septentrionale. C'est un courant d'eau chaude qui, dit-on, tempère les côtes d'Europe.

A une certaine profondeur le calme des eaux est presque absolu.

Vagues de la mer. Leurs actions sur les côtes. Galets. Falaises.

125. — Soufflez sur l'eau d'un baquet, poussez-la avec la main ou un objet quelconque, sa surface n'est plus unie : il se forme des rides, des collines liquides : ce sont des *vagues*.

La surface des mers fouettée par le vent se ride fortement : il se constitue alors des vagues d'autant plus grosses que le vent souffle avec plus de violence. Quand le vent souffle en tempête, les vagues deviennent de véritables montagnes d'eau, qui peuvent venir se briser avec force et fracas sur la côte.

Ainsi, les courants, les vagues, les marées, les raz de marées, les mascarets, ont une action destructice continue sur les continents qu'ils mordent et rongent, dont ils modifient sans cesse la forme, et auxquels, avec l'aide de la tempête, ils font constamment des brèches.

Sur le littoral du Finistère, l'acharnement de la mer est inouï; elle mine, elle sape, elle frappe sans relâche.

On comprend facilement que ces mouvements constants

de la mer exercent sur les côtes une action destructrice, dont les effets finissent par devenir considérables.

La destruction de la côte est en général en raison inverse de la dureté des roches dont elle est formée.

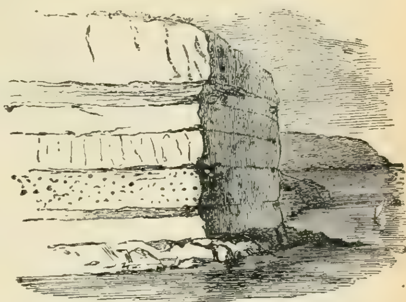


Fig. 102. — Falaise formée de dépôts de sédiments.

On appelle *falaise* (fig. 102) un escarpement de terre ou de roches au bord de la mer.

Or, cette falaise qui s'élève souvent beaucoup au-dessus des plus hautes marées, est creusée, minée par le pied, jusqu'au jour où une portion de la masse qui surplombe (fig. 103), perdant son équilibre, se détache et tombe.



Fig. 103. — Creusement des falaises crayeuses de la Manche par la vague.

Cette action de la vague battant constamment le pied de la falaise est secondée par les eaux d'infiltration qui pénètrent dans la terrasse.

Si la mer est profonde en cet endroit, elle engloutit les blocs de roche à mesure qu'elle les arrache à la côte; si elle ne l'est pas, un amoncellement de roches se produit au pied de la falaise, et la protège quelque temps; mais la mer finit par triompher de l'obstacle.

Les pierres, battues par les vagues, se heurtent, s'usent, se polissent, s'arrondissent, se réduisent en *cailloux roulés* (fig. 104), en *galets*.



Fig. 104. — Cailloux roulés.

Ainsi les *galets* sont formés de roches dures, comme le silex, le quartz, le granit, etc., que la vague prend, roule, éloigne, rapproche alternativement du pied des falaises, et les façonne ainsi continuellement.



Fig. 105. — Érosion d'un escarpement calcaire par les eaux.

Les roches tendres se délayent, forment un limon qui sera emporté par le remou des vagues ou le reflux de la mer, pour aller se déposer plus loin au fond de l'Océan : c'est un nouveau *sédiment*.

La destruction des *roches calcaires* et des *roches siliceuses* donne du *sable* calcaire ou siliceux : celle des roches argileuses donne du *limon*.

D'une *côte granitique*, comme celle de la Bretagne par exemple, se détachent des blocs qui vont devenir des *galets*, puis *des cailloux roulés*, puis des *sables grossiers*, enfin des *sables fins quartzeux* et du *limon argileux*.

Et comme la falaise n'offre pas partout la même résistance à l'action destructrice des vagues, il en résulte des *cavernes*, des *grottes*, des *anfractuosités* (fig. 150), en un mot un ensemble de déchiquetures qu'on croirait être l'œuvre de millions de sculpteurs sans cesse occupés à changer l'aspect de la côte, de la falaise.

Les falaises de Normandie.

126. — Les *falaises de Normandie* s'étendent sur une longueur de 150 kilomètres, de Dieppe au Havre.

Elles se dressent à pic à une hauteur de soixante, quatre-vingts ou cent mètres. Elles sont séparées de la mer, au moment d'un reflux, par une plate-forme horizontale aplanie par les vagues. Cette plate-forme résiste à la destruction lorsque la roche dont elle est formée est assez dure. Un peu en arrière s'étend une plage de *silex* éboulés, lavés et arrondis par leur frottement mutuel et continuel.

Les éboulements sont fréquents dans les falaises : des blocs de roche, plus ou moins volumineux, se détachent du sommet et roulent sur la grève. L'eau les imbibe, les vagues les roulent et les battent, les intempéries de l'air et de la mer les débitent en fragments de plus en plus petits.

La craie, si tendre qu'elle résiste peu, est réduite en bouillie, entraînée, et va se déposer au loin dans la mer.

Les roches plus dures, les roches siliceuses ou granitiques, donnent les *galets* que nous connaissons déjà.

Les côtes taillées à pic, d'une grande hauteur, qui bordent la mer, se trouvent toujours sur les rivages opposés des détroits.

Elles indiquent que les deux continents ou les îles ne faisaient qu'un autrefois, et qu'il y a eu une rupture vio-violente des terres par l'action des feux souterrains.

Ainsi les falaises blanches de notre côte normande se retrouvent en face, de l'autre côté de la Manche, sur la côte anglaise.

Les falaises de Normandie sont coupées par des fentes verticales que le temps et les vagues élargissent peu à peu.

Ces fentes partagent la craie en massifs. Et la côte tout entière, reculant par érosion, l'énorme parallélipipède de craie finit par demeurer isolé au milieu des eaux.

C'est ainsi qu'ont été formés l'aiguille de Belvat et le roc de Vaudieu, près de Benouville.

Quand les bancs supérieurs sont plus résistants, et que ces fentes verticales commencent à mi-hauteur, il en résulte des arches immenses, comme celles qui flanquent de chaque côté la plage d'Étretat.

QUESTIONNAIRE. — 122. Commet sont distribuées les terres et les mers à la surface du globe terrestre? — 123. Dites ce que vous savez de la salure des mers. — 124. Expliquez le phénomene de la maree. Quel autre genre de mouvements ont encore les eaux de la mer, outre le flux et le reflux? — 125. Qu'est-ce que les vagues? Quelle est, sur la côte, l'action de cette eau agitée? Qu'appelle-t-on falaise? — 126. Dites ce que vous savez des falaises de Normandie.

Vingt-et-unième leçon.

ACTION DES EAUX

Après la destruction, la réédification.

127. — Des masses de galets alignés et autres débris déposés au pied des falaises (fig. 106) ou dans des échancrures du rivage, lorsque, dans la mer, se forme un courant qui longe la côte, constituent ce qu'on appelle des *cordons littoraux*.

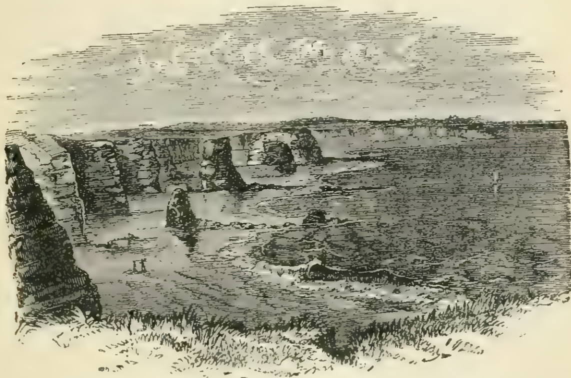


Fig. 106. — Érosion d'un rivage par la mer et isolement de portions de falaises.

Entre l'eau assez tranquille d'une baie quelconque et l'eau agitée de l'Océan existe une *zone* dans laquelle se déposent les matériaux amenés par le courant. Le *cordon littoral* s'accroît dans le même sens et transforme parfois la baie primitive en une lagune fermée, une sorte de bassin.

Ces *cordons littoraux* augmentant par l'apport de nouveaux matériaux, concourent à l'extension des continents. De plus, ils en rectifient les contours. Dans ces endroits, la mer perd du *terrain* et la côte s'avance ainsi en mer.

Telle est l'origine des *polders* de la Hollande, c'est-à-dire des plaines conquises sur la mer.

Les dunes. Action de l'atmosphère.

128. — Les *dunes* (fig. 107) sont des monticules ou des collines de sable. Il y a les *dunes continales* et les *dunes maritimes*.

Pendant les longues périodes de sécheresse, le sol se

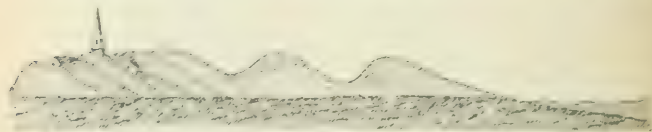


Fig. 107. — Dunes de sable, envahissant un hameau.

crevasse, s'émiette en fine poussière que le *vent* soulève en tourbillons. Tous ces matériaux transportés par le vent s'accumulent en des lieux abrités, vallées ou autres lieux. Dans les déserts, les ouragans transportent parfois d'immenses masses de sable. Tout cela forme les *dunes continales*.

Sur le bord de la mer, dans les endroits où la plage est en pente douce, elle reçoit du sable fin rejeté par la mer. Ce sable, desséché au soleil, emporté par le vent, monte à l'assaut de la côte et s'accumule contre les les rochers, qu'il enfouit.

A la longue, le sable forme, en avant de la côte, une sorte de vague que le vent refoule en montant le sable

situé sur la pente du côté de la mer, le fait passer par dessus la côte et le rejette ainsi sur l'autre pente, du côté des terres.

Ce phénomène se produisant constamment, on comprend aisément comment s'avancent sur la terre ferme ces collines mouvantes.

C'est au bord de l'Océan, au sud de l'embouchure de la Gironde que la France possède de ces merveilles de la nature. Il y en a aussi à Saint-Pol-de-Léon en Bretagne, à Carteret dans le Cotentin, et à Dunkerque dans le Nord.

A la fin du XVIII[e] siècle, les *dunes* de la côte chassées par les brises de mer et qui avaient ensablé plusieurs bourgs et villages depuis le XV[e] siècle, continuaient à s'avancer vers l'est avec une vitesse moyenne de 25 mètres par an, anéantissant tout sur leur passage. Bordeaux était menacé.

Brémontier (1738-1809), inspecteur général des ponts et chaussées, planta certaines plantes à racines puissantes,



FIG. 108. — Pins maritimes, arrêtant la marche des sables.

comme les pins maritimes (fig. 108), de l'embouchure de l'Adour à celle de la Gironde, et fixa ainsi les dunes mobiles. Aujourd'hui ce pays est couvert d'une forêt de pins d'une superficie de 90 000 hectares, et d'un grand rapport.

Si, par malheur, on déboisait les dunes ainsi immobilisées, on verrait ces collines de sables mouvants repartir à la conquête des départements de la Gironde et des Landes, et par suite à la conquête des départements voisins situés à l'est.

Sur le littoral de la Gascogne, au sud de l'embouchure de la Gironde, les sables ont comblé le lit des cours d'eau qui autrefois se jetaient directement dans la mer.

Ainsi arrêtées, en arrière des dunes et par elles, les eaux, ne pouvant plus se rendre à la mer, forment une série d'étangs dont les principaux sont ceux de Lacanau, de Cazau, de Parentis, d'Aureilhau, d'Udos, etc.

La dune d'Udos a son histoire dans la fixation des dunes de cette région.

En effet, au XVIIIe siècle, on l'arrêta au moment où elle allait engloutir le clocher de la vieille église de Mimizan.

La vie dans les eaux de la mer. Plantes. Animaux. Coraux.

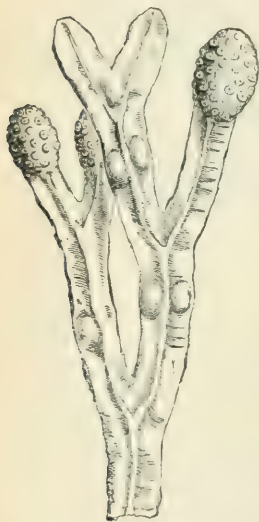


Fig. 109. — Fucus (algue).

129. — La mer est un foyer de vie d'une intensité extraordinaire. Mais le règne animal y tient le premier rang.

Le *règne végétal* n'y est représenté que par des *algues* (fig. 109) dont les dimensions et les formes sont excessivement variables. Quelques-unes atteignent jusqu'à 500 mètres de long, et couvrent, entre les îles Canaries et les îles du Cap-Vert, un espace immense appelé *mer des Sargasses*. D'autres sont d'une taille si infime qu'il faut les grossir des centaines de fois pour les voir.

Ce sont des algues, tous ces

fucus, ces *varechs*, aux formes multiples, qui couvrent les rochers de nos rivages, surtout en Bretagne.

Le *règne animal* compte dans la mer des animaux en nombre infini.

Il y a des mammifères, comme la *loutre de mer*, les

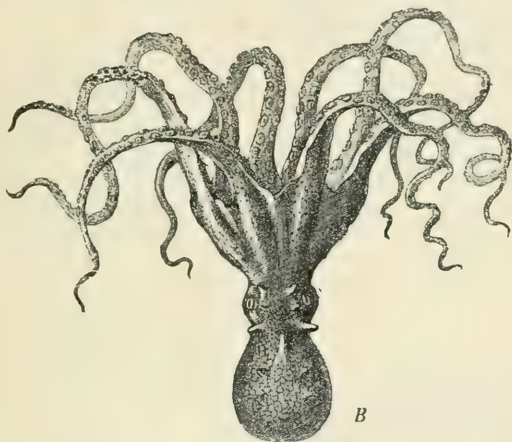


Fig. 110. — Poulpe (pieuvre).

baleines, les *cachalots*, les *rorquals*, les *dauphins*, les *phoques*, les *otaries*, les *morses*, les *lamantins*; des oiseaux, tels que *canards*, *goélands*, *mouettes*, *frégates*, *pétrels*, *albatros*, *pingouins*; des reptiles, comme des *tortues*, dont quelques-unes atteignent deux mètres de longueur.

Mais l'un des groupes les mieux représentés parmi les *vertébrés*, est celui des *poissons*, aux formes et aux couleurs multiples, et aux dimensions très variables. Citons le *poisson volant*, le *monstrueux requin*, les *esturgeons*, les *dorades*, le *saumon*, les *lamproies*, les *morues*, les

harengs, les *sardines*, les *thons*, les *maquereaux*, les *aloses*, etc. Mais n'oublions pas les *poissons électriques*, comme la *torpille*.



Fig. 111. — Etoile de mer.

Le groupe des *crustacés* fournit les *homards*, les *langoustes*, les *crabes*, les *crevettes*.

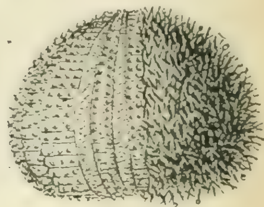


Fig. 112. — Oursins.

Chez les *mollusques*, qui sont innombrables, il y a toutes les formes possibles et imaginables, depuis le *hideux poulpe* (fig. 110), c'est-à-dire la *pieuvre*, jusqu'aux belles *porcelaines*.



Fig. 113. — Eponge.

Les *rayonnés* fournissent les *étoiles de mer* (fig. 111), les *oursins* (fig. 112).

Enfin les *Zoophytes* nous fournissent les *éponges*, (fig. 113), le *corail* (fig. 114), les *méduses* (fig. 115) les *anémones de mer*.

Tous ces animaux et toutes ces plantes ne croissent pas à la même profondeur. Il en est qui vivent à la surface de l'eau, et il en est d'autres qui vivent à une certaine

profondeur. Mais la vie est impossible pour beaucoup de ces êtres à une grande profondeur.

En descendant dans les eaux, c'est la vie végétale qui cesse la première.

Mais à la surface et dans le voisinage de la surface de l'eau, la vie est très active.

La surface de la mer est peuplée de millions et de mil-



Fig. 114. — Corail.

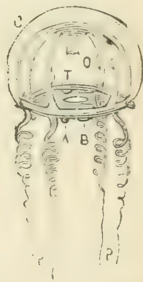


Fig. 115. — Méduses.

lions d'*êtres microscopiques* dont les dépouilles tombant au fond de la mer y forment des sédiments épais.

La ville de Berlin est bâtie sur des dépôts semblables d'une épaisseur considérable.

Extraction du sel des eaux de la mer. Marais salants.

130. — Le *sel* est une matière minérale, une sorte de pierre d'une saveur particulière et très prononcée. Il est abondamment répandu dans la nature.

On l'extrait soit des eaux de la mer et des sources

salées, soit de la terre d'où on le retire en blocs, comme la pierre à bâtir.

Mettez dans une assiette de l'eau douce, c'est-à-dire de l'eau non salée provenant directement de la pluie, ou du puits, ou de la fontaine; jetez-y une poignée de sel. Au bout d'un instant, le sel ne sera plus visible: il sera *dissous* dans l'eau et lui aura communiqué sa saveur. Cette eau sera salée comme celle de la mer.

Voulez-vous maintenant recueillir le sel que vous lui avez ajouté? Mettez votre assiette sur le feu, ou exposez-la simplement aux rayons d'un soleil ardent, si c'est en été : au bout d'un certain temps, l'eau aura disparu; elle se sera évaporée, seul le sel restera dans le vase.

Ce que vous avez fait en petit se pratique en grand au bord de la mer pour extraire le sel des eaux marines. Votre assiette est remplacée par des bassins peu profonds, séparés les uns des autres par de petits murs ou *marchepieds*, et dans lesquels on fait arriver l'eau de la mer pour la laisser ensuite s'évaporer.

Le liquide arrive dans un premier bassin plus profond que les autres et nommé *vasière*.

Devenue claire, l'eau est ensuite envoyée dans les bassins où elle s'évapore sous l'action des rayons du soleil; sur l'aire des bassins reste le sel, que l'on recueille avec un instrument spécial.

L'endroit où l'on extrait le sel des eaux de la mer se nomme *marais salant*. En France il y a des *marais salants* sur le bords de l'Océan et de la Méditerranée.

QUESTIONNAIRE. — 127. La mer ne fait-elle que détruire? Que savez-vous sur les cordons littoraux? — 128. Qu'appelle-t-on dunes? Où peut-on en trouver? Que fait-on pour arrêter les dunes? Qui a imaginé ces plantations? — 129. La vie est-elle possible dans les eaux de la mer? Quels êtres vivants trouve-t-on dans la mer? La vie est-elle la même à toutes les profondeurs? — 130. Comment extrait-on le sel des eaux de la mer? Où y a-t-il des marais salants en France?

Vingt-deuxième leçon.

LES GLACIERS

Les neiges éternelles. Leur limite.

131. — Nous connaissons les *trois états* sous lesquels l'eau peut exister. Nous savons aussi ce qu'on entend par *neiges éternelles*. Parlons à présent des *glaciers* (fig. 116).

Un *glacier* est une masse de glace dans les hautes vallées des montagnes.

Il se trouve toujours là où la température est constamment au-dessous de *zéro*.

Les multiples observations faites en gravissant les montagnes, ou pendant les ascensions en ballon, ont montré que la température s'abaisse régulièrement à mesure que l'on s'élève. Il y a donc, même dans les pays les plus chauds, une certaine hauteur au-dessus de laquelle le thermomètre sera toujours à *zéro* ou au-dessous, et où l'eau sera toujours à l'état de glace.

Dans ces régions, l'eau ne tombe jamais en pluie ; mais toujours à l'état de neige. Et cette neige une fois tombée ne fond jamais complètement.

Cette hauteur est appelée la *limite des neiges éternelles*.

Vous comprenez facilement que cette *limite* n'est pas la même sur toute la surface de la terre. Dans les régions tropicales, il faut nécessairement monter très haut pour trouver des neiges éternelles. Dans les régions polaires, il y a toujours de la neige aussitôt qu'on s'élève un peu au-dessus du niveau de la mer. Et dans nos pays de la zone tempérée, cette limite est moins élevée que dans les régions

tropicales et plus élevée que dans les régions polaires.

C'est ainsi que la limite des *neiges éternelles* qui, au Spitzberg, est presque au niveau de la mer, est à 1 000 mètres d'altitude dans les Alpes scandinaves, à



Fig. 116. — Glacier du Görner (Suisse).

2 500 mètres dans nos Alpes, à 3 000 mètres dans l'Hymalaya et à 4 800 mètres dans les Andes de Quito.

Le mont Blanc, dont la hauteur est de 4 810 mètres, a sa moitié supérieure couverte de neige. Il a donc été bien baptisé. Une semblable montagne située à l'équateur ne pourrait pas porter le nom de mont Blanc à cause de la neige. Transporté au Spitzberg, notre géant européen serait couvert de neige dès sa base.

Différentes régions des montagnes. Glaciers des montagnes.

132. — A mesure que l'on va de l'équateur au pôle, l'aspect du paysage se modifie et enfin change du tout au tout. La végétation indique les climats.

Il en est ainsi lorsqu'on gravit une montagne élevée de nos pays, les Alpes, par exemple.

En Suisse, dans notre Savoie, les vignes disparaissent quand il y a encore des champs. Quand on monte plus haut, les champs disparaissent à leur tour. Il n'y a plus que des bois.

Si l'on continue à monter, les bois eux-mêmes changent d'aspect peu à peu. Les chênes et les hêtres, abondants à une certaine altitude, se font de plus en plus rares. Les sapins, les pins et les bouleaux finissent par prendre peu à peu toute la place.

Plus haut encore, on trouve d'autres changements. Les arbres, au lieu d'être vigoureux, élancés, semblent des nains. Les pins sont rabougris, deviennent rares. Au lieu de former des forêts, ces malheureux souffreteux sont disséminés dans les pâturages que parcourent librement en été les bœufs et les vaches.

Plus haut encore, le spectacle est bien différent. De grandes masses de granit apparaissent comme déchiquetées, présentant une succession de *dents* plus ou moins pointues, auxquelles on donne parfois le nom d'*aiguilles*. Et certains sommets des Alpes portent les noms de : *Dent du Midi*, *Dent d'Oche*, *Aiguille Verte*, *Aiguille de Dru*.

Dans ces régions sans verdure, les vallées sont occupées par des masses de glace. Les neiges éternelles sont là semblant immobiles quoique leur marche soit quelquefois relativement assez rapide.

Une semblable excursion fait donc parcourir quatre régions d'aspects différents :

La région des cultures;

La région des forêts;

La région des pâturages;

La région des glaces.

Comme on trouve, en allant de l'équateur au pôle, la même succession de climats qu'en gravissant une montagne élevée des régions tempérées, on a dit que la terre peut être considérée comme formée de deux immenses montagnes accolées l'une à l'autre et dont le plan de l'équateur servirait de base commune et dont les deux pôles seraient les sommets.

Formation des glaciers. L'Avalanche.

133. — Si abondamment qu'il pleuve, l'eau disparaît immédiatement, du moins en grande partie, du lieu où elle tombe, soit qu'elle pénètre dans la terre, soit qu'elle coule à sa surface pour former des ruisseaux, se rendre dans la rivière, le fleuve qui la conduira à la mer.

Mais il n'en est plus ainsi si c'est de la neige qui tombe en quantité. En peu de temps, la terre en est couverte. Elle ne fond que si la température est assez élevée.

Et comme la température est toujours au-dessous de zéro dans les hautes montagnes, la neige n'y fond pas : celle qui tombe aujourd'hui s'ajoute à celle tombée d'hier, et celle qui tombera demain s'ajoutera encore à celle d'aujourd'hui, et ainsi de suite.

Sur les pentes rapides, le vent l'emporte dans les vallées où elle s'accumule. De plus, elle y descend par son propre poids le long de la pente : elle glisse. Mais souvent des masses énormes de neige descendent tout à coup entraînant tout sur leur passage, et l'on a une *avalanche*.

Ces énormes masses de neige accumulée dans la vallée, sont l'origine des *glaciers*.

Souvent sur ces hauteurs l'oiseau qui se repose
Détache un grain de neige. A ce léger fardeau,
Des grains dont il s'accroît se joint le poids nouveau;
La neige autour de lui rapidement s'amasse;
De moment en moment elle augmente sa masse.
L'air en tremble, et soudain, s'écroulant à la fois,
Des hivers entassés l'épouvantable poids
Bondit de roc en roc, roule de cime en cime
Et de sa chute immense ébranle au loin l'abîme.

(DELILLE, *L'homme des champs*, chant III.)

J'ai dit sont l'origine. En effet, le *glacier* est un amas de *glace* et non pas de neige (fig. 117), parce que celle-ci, par la pression, se transforme en glace. Chaque flocon de neige est formé de petits cristaux de glace, séparés les uns des autres par de l'air. Quand la neige est *pressée*, l'air interposé entre ces petits cristaux est chassé, et tous ces cristaux se soudent les uns aux autres, formant une masse compacte.

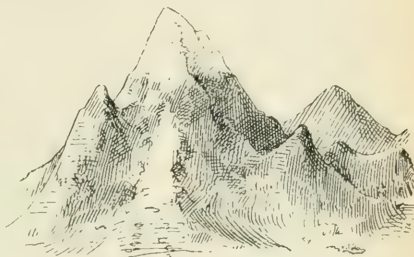


FIG. 117. — Sommet couvert de neiges perpétuelles.

Prenez une certaine quantité de neige, la valeur d'un litre, par exemple, pressez-la dans votre main pour en faire une boule, cette neige diminuera de volume, durcira, et ceci d'autant plus que vous serez capables de la presser davantage.

La même chose se passe dans les glaciers : les couches supérieures pèsent sur les inférieures qui deviennent de la glace limpide et transparente comme celle qui s'est formée à la surface de l'eau.

De la marche des glaciers.

134. — Il semblerait que les glaciers dussent grossir constamment par la chute de nouvelles couches de neige. Il n'en est rien cependant. Un glacier, à moins d'un événement extraordinaire, conserve toujours à peu près sa même forme (fig. 118).

Les vallées occupées par un glacier sont penchées,

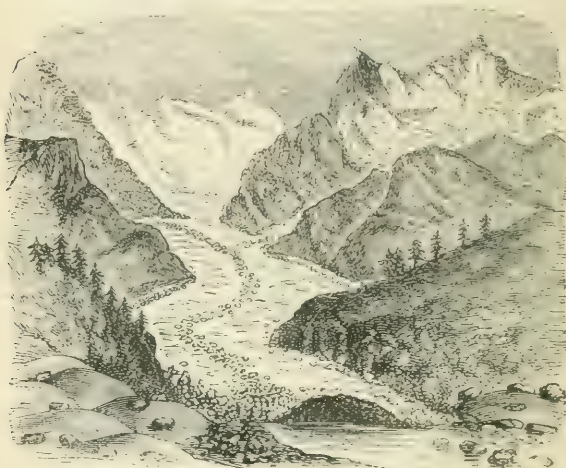


Fig. 118. — Vue d'un glacier.

énormes; elles se prolongent jusqu'à la ligne, et au-dessous, appelée *limite* des neiges éternelles, ligne au-dessus de laquelle la température est inférieure à zéro, et au-dessous de laquelle la température est supérieure à zéro. La glace fond donc par sa base, l'eau qui en provient s'écoule plus bas comme pour se rendre à la mer, et le glacier descend ainsi peu à peu, mais d'une manière

constante, sans cependant cesser dans son ensemble d'être à la même hauteur.

On peut dire que le glacier se reforme par sa partie

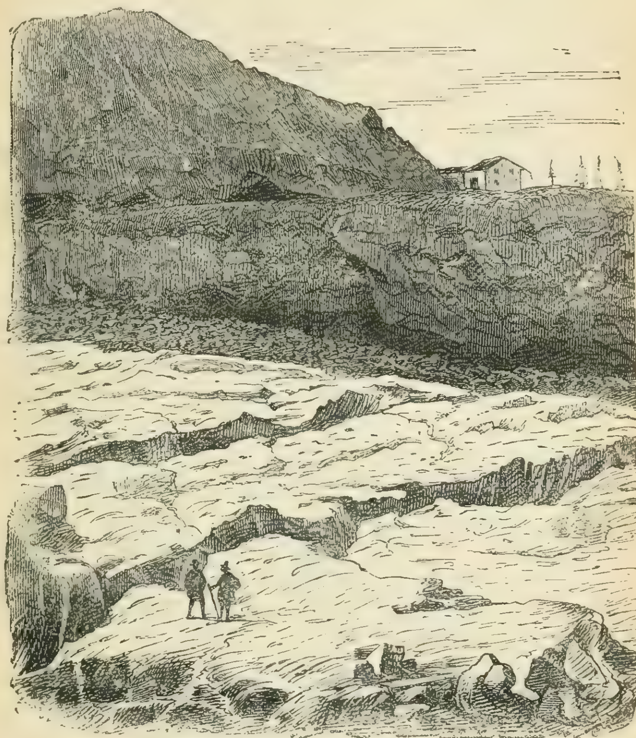


Fig. 119. — Portion de la Mer de Glace (un des glaciers du Mont Blanc).

supérieure, à mesure qu'il se détruit par sa partie inférieure.

Certains glaciers descendant des hautes vallées, rejoi-

gnent ceux qui sont plus bas, comme un cours d'eau en rejoint un autre.

La figure 118 montre le glacier du *Géant*, grossi du glacier des *Périades* s'unissant au glacier de *Léchaud*, lui-même grossi de celui du *Talèfre*. La réunion de ces quatre glaciers descendant du même côté forme la *Mer de Glace* (fig. 119 ; voir aussi fig. 122).

Comment on peut constater le mouvement d'un glacier.

135. — En 1827, Hugi, professeur suisse, construisit un petit chalet au milieu d'un glacier. Il constata que ce chalet changeait de place et descendait d'une manière sensible. En 1830, il était 300 mètres plus bas dans la vallée. En 1836, il en avait déjà parcouru 716, et en 1841, il se trouvait à 1 432 mètres de son point de départ. Sans marcher aussi vite que nos locomotives sur les rails, il n'en avait pas moins parcouru, en l'espace de quatorze ans, une distance raisonnable, plus d'un hectomètre par an.

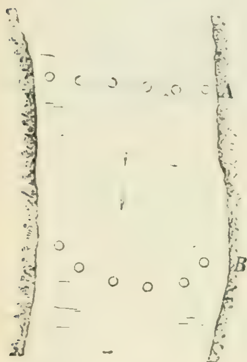


Fig. 120. — Marche des glaces.

Le chalet, fixé au glacier, suivait celui-ci dans sa marche quotidienne.

Cela attira l'attention de bien des personnes, et les expériences se multiplièrent.

On planta, par exemple, des piquets (fig. 120) dans la glace, en marquant l'altitude, par des points de repère fixes, c'est-à-dire situés en dehors du glacier, et les piquets firent comme la cabane du professeur Hugi, ils descendirent régulièrement.

En 1788, une échelle fut abandonnée par de Saussure, au pied de l'*Aiguille Noire*, dans son exploration du Mont Blanc; en 1845, on en retrouva les débris à 4 420 mètres du point de départ.

Comment le glacier descend.

136. — Une ligne de piquets disposée en travers du glacier montra que toutes les parties de celui-ci ne marchent pas avec la même vitesse dans toute sa largeur.

Dans un fleuve, ou tout autre cours d'eau, le courant est plus rapide au milieu du lit que sur les bords, à la surface qu'au fond.

Il en est ainsi pour le glacier, les bords avancent moins vite que le milieu, et le fond moins vite que la surface. C'est ce que montre la figure 120 où en haut on voit une rangée de piquets formant une ligne droite, tandis que plus bas, ces mêmes piquets ne sont plus en ligne droite. Ils dessinent une ligne courbe dont le sommet est en bas.

La vitesse moyenne de la *Mer de Glace* est de 0 m. 305 par jour; celle de la Seine est d'environ 0 m. 50 par seconde, soit 43 kilomètres 200 mètres par jour.

Un glacier est donc un véritable fleuve de glace avec ses affluents. Il est continué par un cours d'eau.

Questionnaire. — 131. Qu'est-ce qu'un glacier? Où se trouvent les glaciers? Qu'appelle-t-on limite des neiges éternelles? Est-elle partout à la même altitude? — 132. Que savez-vous des différentes régions des montagnes au point de vue de la végétation? Nommez par ordre les différentes régions. A quoi a-t-on comparé les deux hémisphères de la terre coupée suivant le plan de l'équateur? — 133. Comment se forment les glaciers? Qu'est-ce qu'une avalanche? La neige peut-elle toujours conserver la même résistance? — 134. Les glaciers augmentent-ils constamment? Pourquoi n'augmentent-ils pas constamment? — 135. Comment peut-on constater la marche d'un glacier? — 136. Comment descend le glacier? Quelle est la vitesse moyenne de la Mer de Glace?

Vingt-troisième leçon.

EFFETS DU MOUVEMENT DES GLACIERS

Les glaciers rabotent les rochers.

137. — L'eau de la rivière coule librement dans son lit, et cela ne l'empêche cependant pas d'enlever de la terre et des pierres soit au fond de ce lit, soit à ses rives.

A plus forte raison la masse du glacier, qui est une masse solide, doit-elle raboter fortement le fond et les côtés de la vallée parcourue. Des pierres plus ou moins grosses sont enlevées au sol, restent enchâssées dans la glace et en descendant rabotent et entaillent les roches restées en place : aussi y a-t-il, dans le fond des glaciers, des roches ou usées, ou polies, ou rayées, striées (fig. 121) par les angles des pierres dures entraînées dans la glace.

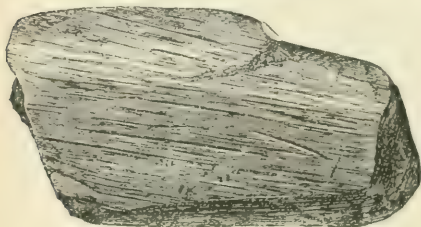


Fig. 121. — Roche striée par les glaces.

Moraines. Moraine terminale ou frontale.

138. — Si vous lancez une pierre sur un lac, une rivière, elle tombe au fond de l'eau, et même très vite. Mais il n'en est plus ainsi des pierres qui tombent sur un glacier. Elles restent à sa surface.

Ainsi, quand une avalanche tombe des hautes monta-

gnes sur un glacier, elle amène sur lui une grande quantité de pierres qu'elle a enlevées à la partie de la pente qu'elle a parcourue.

Peu à peu, toutes ces pierres, ainsi que celles que le glacier arrache au sol qu'il couvre et sur ses bords, arrivent dans les régions plus chaudes. La glace fond à la surface, surtout pendant le jour. Et l'eau provenant de cette fusion pénètre dans les crevasses du glacier, le traverse, et forme au-dessous de lui un ruisseau qui va sans cesse en augmentant. Le glacier se réduit de plus en plus ; enfin chacune de ses parties atteint successivement la *limite des neiges éternelles*, où son rebord inférieur fond constamment, donnant naissance à un cours d'eau plus ou moins important.

Toutes les pierres, grosses ou petites, qui suivaient le glacier dans sa marche descendante, aussi bien celles situées à sa surface que celles situées sur ses bords et formant ce qu'on appelle les *moraines latérales*, sont amenées au point où il achève de fondre. Il se forme donc là une accumulation de roches qui constituent la *moraine terminale* ou *frontale*.

Un grand nombre de cours d'eau prennent ainsi naissance dans les glaciers. Il en est ainsi de l'*Arveyron*, qui vient de la *Mer de Glace*, où il sort d'une grotte de glace, et qui se jette à Chamonix dans l'Arve, affluent du Rhône.

Le Rhône est alimenté par les eaux de 200 glaciers dont les plus importants sont le *Glacier du Rhône* et celui d'*Aletsch*, le plus considérable de la Suisse, et qui a 110 kilomètres carrés.

Moraines latérales et moraines médianes.

139. — Un glacier est flanqué à droite et à gauche d'un cordon de pierres formant les *moraines latérales*.

Mais souvent deux glaciers se rencontrent, se fusionnent pour n'en former qu'un seul : le point où ils se soudent peut-être appelé leur *confluent*.

La *moraine latérale gauche* de l'un et la *moraine latérale droite* de l'autre se fusionnent et n'en forment

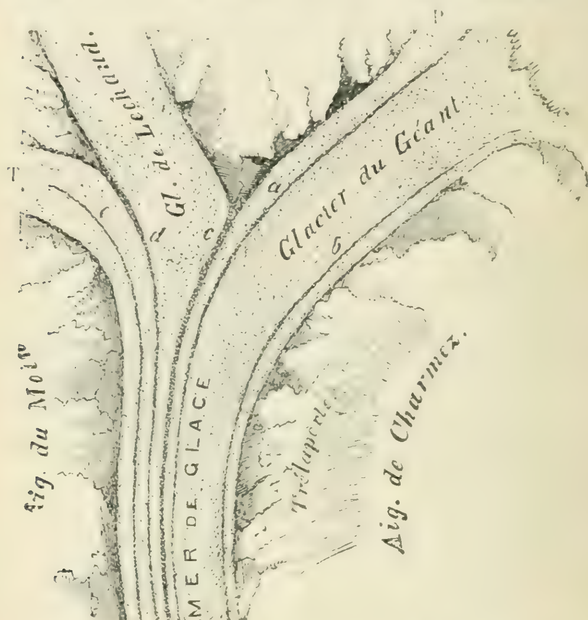


Fig. 122. — *a, b, c, d, e*, moraines de la Mer de Glace; P, glacier des Périades; T, glacier du Talèfre.

qu'une seule qui sera placée au milieu du nouveau glacier, et formera une *moraine médiane*.

La fig. 122 montre la *Mer de Glace* avec ses *4 moraines médianes* bien distinctes.

La *moraine médiane a* provient de la *moraine latérale droite* du *glacier du Géant* et de la *moraine latérale*

gauche du *glacier des Périades*; la *moraine médiane c* est formée de la *moraine latérale droite* du *glacier des Périades* et de la *moraine latérale gauche* du *glacier de Léchaud*; la *moraine médiane d* est formée de la *moraine latérale droite* du *glacier de Léchaud* et de la *moraine latérale gauche* du *glacier du Talèfre* qui est déjà double, comme le montre sa *moraine médiane e*.

Blocs erratiques.

140. — A une certaine époque, d'immenses glaciers descendant de la Suisse ou de la Scandinavie s'étendaient

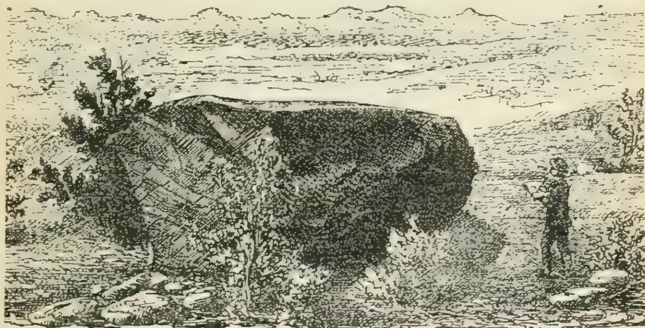


Fig. 123. — Bloc erratique, amené par les glaces quaternaires (Savoie).

sur les plaines de la Bresse, de la Lombardie et de l'Allemagne du Nord. Ces gigantesques véhicules de glace, épais parfois de 1 000 mètres, transportaient des blocs de roches de plusieurs milliers de mètres cubes.

Plus tard, quand la température s'éleva, elle détermina la fusion de ces masses de glace. Les blocs charriés se déposèrent dans les plaines aux points où la glace les

avait portés et abandonnés. C'est ce qu'on appelle les *blocs erratiques* (fig. 123, 124). Ce sont eux qui, aujourd'hui, nous renseignent, par leur composition et leur situa-

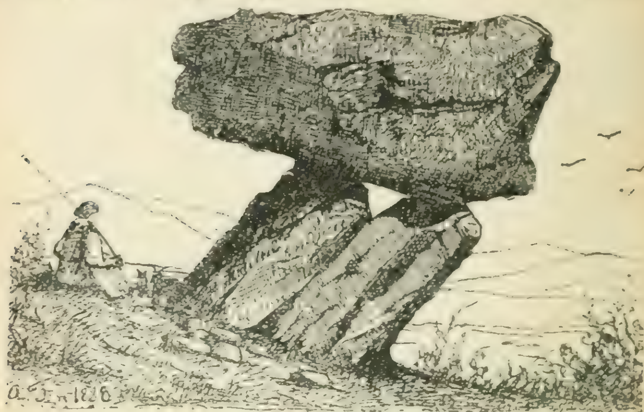


Fig. 124. — Bloc erratique perché (en Savoie).

tion relative, sur l'étendue, la provenance et la direction des glaciers à l'époque reculée dont il s'agit et que l'on appelle la *période glaciaire*.

Glaciers des pôles. Glaces flottantes.

141. — Nous avons vu que plus nous approchons du pôle, plus la limite des neiges éternelles est basse.

Aussi les terres des régions polaires sont-elles couvertes de glaciers jusqu'au niveau de la mer, et la mer elle-même gèle-t-elle pendant la plus grande partie de l'année, quoique l'*eau de la mer*, c'est-à-dire l'*eau salée*, exige, pour geler, une température plus basse que l'eau *douce*.

Autour du pôle, la surface de la mer est couverte d'une couche de glace appelée *banquise*, *champ de glace* ou *ice-field*.

Le *Grönland* est presque complètement recouvert d'une immense couche de glace. Ses vallées sont remplies de glaciers qui descendent vers la mer, et finissent par y arriver.

Sous l'action du soleil d'été et de courants qui viennent des régions chaudes de l'équateur, cette glace fond, des masses énormes se détachent de l'ensemble, et, emportées



Fig. 125. — Glaces flottantes (*ice-bergs*) en mer.

par les vagues et les courants marins, elles s'en vont à la dérive. Toutes ces masses, *banquises* ou *ice-bergs* (fig. 125) s'éloignent des pôles et vont dans les eaux plus chaudes de l'Atlantique ou du Pacifique, où elles fondent peu à peu. On en voit qui atteignent 80 mètres de hauteur au-dessus de la surface de l'eau : ce sont de vraies montagnes de glace.

Or, vu le poids de la glace, qui est à peu près les neuf dixièmes de celui de l'eau, ces masses ont les neuf dixièmes de leur hauteur totale plongée dans l'eau. Ainsi, un *ice-*

berg qui dépasse la surface de la mer de 80 mètres, a environ 720 mètres de hauteur totale.

Et de semblables colosses vont quelquefois jusqu'à 700 lieues de leur point de départ. Aussi d'immenses étendues de mer peuplées de ces géants de glace sont-elles dangereuses pour la navigation.

Nous avons dit : *l'eau vient de la mer et retourne à la mer* : sa circulation est donc complète. Oui, mais ce cercle n'est pas toujours parcouru tout entier en peu de temps. En effet, on a calculé qu'il faut *cent cinquante ans* à la neige tombée sur les cimes du *Mont Blanc* et qui ne fond pas avant d'arriver à la limite des neiges éternelles, pour arriver à la partie inférieure de la *Mer de Glace* et revenir à la mer par le Rhône.

L'arrivée des glaces dans l'Océan.

142. — Un bruit comparable à celui du tonnerre accompagne la chute des glaces. Un jour, dit Charles Martins, je vis un fragment énorme prêt à crouler qui surplombait au-dessus de l'eau. Je proposai aux matelots qui m'accompagnaient d'entrer avec l'embarcation dans cette caverne. Je leur exposai les chances que nous courions, ne voulant rien tenter sans leur assentiment. Ils furent unanimes pour accepter.

Quand notre canot eut franchi l'entrée, nous nous trouvâmes dans une immense cathédrale gothique ; de longs cylindres de glace à pointe conique descendaient de la voûte ; les anfractuosités semblaient autant de chapelles dépendantes de la nef principale ; de larges fentes partageaient les murs, et les intervalles pleins, simulant des arceaux, s'élançaient vers les cimes ; des teintes azurées se jouaient sur la glace et se réfléchissaient dans l'eau.

Les matelots, tous Bretons, étaient, comme moi, muets d'admiration.

Mais une contemplation trop prolongée eût été dangereuse; nous regagnâmes bientôt l'étroite ouverture par laquelle nous avions pénétré dans ce temple de l'hiver, et, revenus à bord de la corvette, nous gardâmes le silence sur l'escapade qui eût été justement blâmée.

Le soir, nous vîmes du rivage notre cathédrale du matin s'incliner lentement, puis se détacher du rivage, s'abîmer dans les flots, et reparaître émiettée en mille fragments de glace, que la marée descendante entraîna vers la pleine mer.

QUESTIONNAIRE. — 137. Comment un glacier en marche peut-il raboter les rochers du fond et des côtés? — 138. Qu'appelle-t-on moraine? Qu'appelle-t-on moraine terminale ou frontale? Comment se forme-t-elle? Par combien de glaciers est alimenté le Rhône? — 139. Qu'appelle-t-on moraines latérales et moraines médianes? De quoi est formée une moraine médiane? Indiquez-le au tableau? — 140. Qu'appelle-t-on blocs erratiques? Qu'en savez-vous? — 141. Que savez-vous sur les glaciers des pôles? Parlez des glaces flottantes. — 142. Que savez-vous sur l'arrivée des glaces dans l'Océan?

QUATRIÈME PARTIE

TERRAINS. — VOLCANS

Vingt-quatrième leçon.

TERRAINS NON SÉDIMENTAIRES. NOTRE TERRE

Terrains non sédimentaires.

143. — Nous trouvons des terrains qui ne sont pas *stratifiés*, qui ne sont pas *sédimentaires*. Comment donc ont-ils pu se former? Telle est la question qui se pose.

L'eau forme des dépôts, des *roches*, parce qu'elle en a emprunté, arraché les matériaux à d'autres roches sur lesquelles elle a coulé. Elle construit donc à condition d'avoir démoli auparavant.

Il s'est formé des *terrains de sédiments* parce qu'il existait déjà d'autres roches. Comme les roches stratifiées se déposent au fond de l'eau, il est évident que les *primitives*, c'est-à-dire les premières formées, seront au-dessous des autres. Mais il arrive que ces formations primitives ne sont pas recouvertes, et se trouvent encore à la surface du sol. C'est là où elles se sont trouvées fortement élevées et que l'eau n'a pu les recouvrir à aucune période de l'histoire de notre globe.

En Auvergne, en Bretagne, dans les Alpes, dans les Pyrénées, etc., on trouve des masses de granit, de porphyre et d'autres roches, disposées d'une façon tout à fait irrégulière (fig. 126), et ne présentant nullement ces bancs en couches parallèles que nous observons dans nos

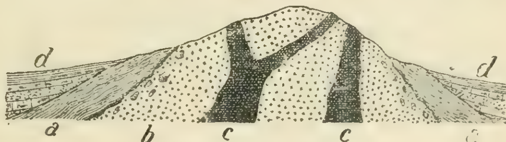


Fig. 126. — *a*, roches primitives (gneiss), soulevées et traversées par le granit *b*, qui en a empâté des fragments; *c*, filons de porphyre traversant le granit; *d*, sédiments horizontaux déposés après le relèvement de *a*.

carrières ordinaires et qui se sont déposées successivement au fond de l'eau.

Ces roches non sédimentaires ne renferment point des vestiges de plantes ou d'animaux : ce qui prouve qu'elles

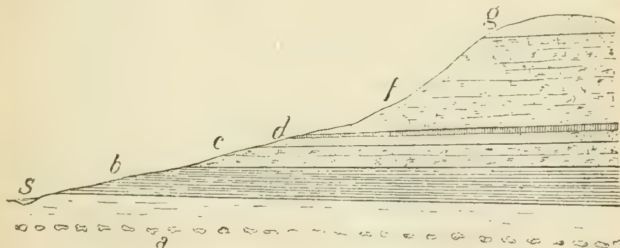


Fig. 127. — Tertiaire parisien (butte Montmartre). — S, Seine; *a*, craie; *b*, argile plastique; *c*, calcaire grossier; *d*, sables de Beauchamp; *f*, gypse; *g*, sable de Fontainebleau.

se sont formées dans des circonstances où la vie était impossible.

On les appelle des *terrains ignés*, parce qu'ils ont été formés par l'action du feu.

Ainsi, quand on perce une tranchée, après avoir enlevé la *terre végétale* superficielle, on se trouve en présence de deux cas :

1° Ou bien la roche que l'on rencontre est formée de *couches* ou *bancs* superposés appelés *strates*, ordinairement assez faciles à entamer avec la pioche, et renfermant des débris de plantes ou d'animaux, c'est-à-dire des *fossiles* : ce sont les *roches sédimentaires* (fig. 127) ;

2° Ou bien la roche rencontrée est compacte, et si dure que les outils les mieux trempés s'émoussent ou se brisent dessus, à cassure fraîche présentant des facettes brillantes limitant des cristaux généralement orientés dans tous les sens, et ne renfermant jamais de fossiles.

Ces roches *cristallines* sont des roches *ignées*.

Croûte terrestre. Noyau central.

144. — On dit que la terre comprend trois parties :

Une ATMOSPHÈRE *gazeuse* composée de l'air qui nous environne ;

Une ÉCORCE solide, qui est la croûte terrestre de laquelle nous extrayons une foule de substances ;

Une partie centrale, dite *noyau central*, qui est *liquide* et *incandescente*, dont l'existence nous est révélée par les éruptions volcaniques, les sources d'eaux chaudes, etc.

Mais quelle est l'importance de la croûte terrestre par rapport au noyau central ? Est-elle épaisse ou non ? Elle ne doit pas l'être puisque la lave et les eaux des geysers peuvent la traverser sans trop se refroidir ; la lave n'a pas le temps de se solidifier.

Pour s'en faire une idée, on se base sur l'observation suivante qui peut sembler concluante. Quand on creuse un puits profond, la température s'élève d'un degré cen-

tigrade environ à mesure qu'on s'enfonce de 32 mètres vers le centre de la Terre.

Ainsi, au fond d'un puits de 32000 mètres ou 32 kilomètres, la température serait de 1000°. Au fond d'un puits de 32 × 3 ou 96 kilomètres, la température serait de 1000 × 3 ou 3000°.

Or, tous les corps connus sont fondus à la température de 3000°. L'écorce terrestre ne peut donc pas dépasser 96 kilomètres d'épaisseur, ni même atteindre ce chiffre.

Ce chiffre paraît énorme, cette croûte paraît épaisse, mais elle n'est cependant que la soixantième partie du rayon du *noyau liquide* central. Elle lui forme une enveloppe relativement moins importante et plus fragile que la coquille qui protège l'œuf.

Ce ne sont que des suppositions. En effet, la distance qui sépare la surface de la terre de son centre est d'environ 6000 kilomètres. Or, on n'est jamais descendu qu'à quelques centaines de mètres dans l'intérieur de la terre. Cependant tout porte à croire que ces suppositions sont la réalité.

Les puits artésiens les plus profonds qu'on ait forés, nous donnent en général des eaux d'autant plus chaudes qu'elles viennent de profondeurs plus grandes.

Le puits artésien de Grenelle, à Paris, a 550 mètres de profondeur et donne une eau qui a une température de 28°, tandis que celle des puits ordinaires n'est que de 10 à 12°. En divisant 550 par 28, on trouve presque 20 mètres pour un degré; mais il faut dire que cette eau a déjà perdu une partie de sa chaleur en remontant à la surface du sol.

Formation de l'écorce terrestre et des océans.

145. — Nous savons que les *roches sédimentaires* proviennent en partie de la désagrégation lente des

roches cristallines par les eaux. Et les premiers dépôts sédimentaires ont été entièrement formés des roches cristallines.

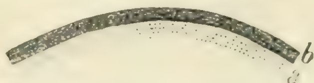


Fig. 128. — *a*, masses ignées; *b*, première écorce terrestre.

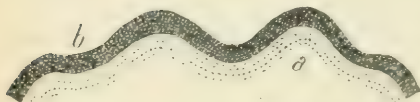


Fig. 129. — *b*, écorce bosselée.

Mais comment ont pu se former ces *roches cristallines*? Elles sont dues à la solidification des matières fondues provenant du feu central.

La *Terre* provient d'une immense masse *gazeuse*, mobile dans l'espace,

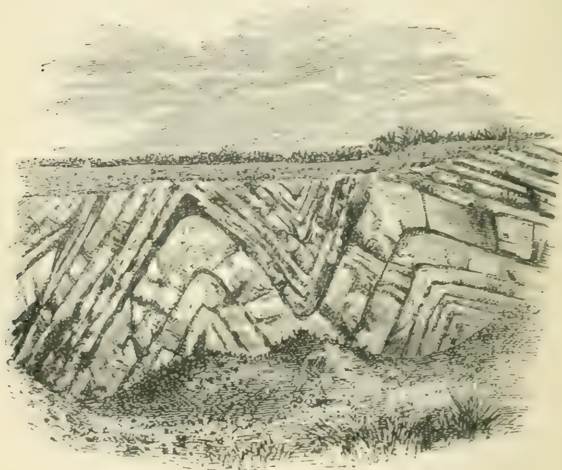


Fig. 130. — Roches sédimentaires plissées dans le Jura.

qui en se partageant a donné le soleil et les 252 planètes qui tournent autour de lui.

Une fois isolée dans l'espace, la *masse gazeuse* qui devait constituer notre *Terre* s'est refroidie en émettant de la chaleur dans toutes les directions. Au milieu de cette masse s'est condensée une partie liquide, qui fut un *noyau central incandescent* entouré d'une épaisse *atmosphère gazeuse*.

Plus exposée au refroidissement que la partie profonde,



Fig. 131-132. — A : *a*, *b*, *c*, sédiments plissés d une montagne; *a*, *b*, roches primitives. — B : toute la partie supérieure C a été dénudée par l'action séculaire des eaux, ce qui a fait apparaître les roches primitives du cœur de la montagne.

la surface de ce noyau liquide s'est *solidifiée* et a formé une *croûte*, qui fut le commencement de l'*écorce terrestre*, alors composée uniquement de *roches ignées* ou *cristallines*.

Cette écorce a dû primitivement être sphérique et unie (fig. 128). Puis elle s'est plissée, bosselée (fig. 129 à 132), par suite de la contraction lente du noyau central.

L'*atmosphère gazeuse*, recevant beaucoup moins de chaleur du noyau central, dut se refroidir bien vite. Les gaz qui la composaient se combinèrent en partie et donnèrent différents *produits*, parmi lesquels se trouve l'*eau*, qui se rendit, en désagrégeant les roches, dans les *parties basses* occasionnées par le plissement de l'écorce : tel fut l'établissement des mers ou océans.

Les *débris des roches cristallines* s'accumulèrent au fond des mers : et l'on eut des *roches sédimentaires.*

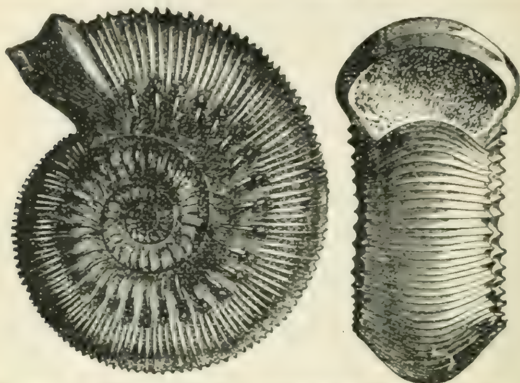


Fig. 133-134. — *Ammonites Humphriesianus* : 12 centimètres (Oolithe inf.). Face et profil.

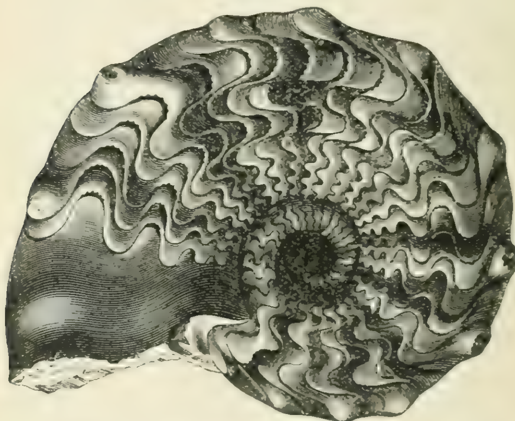


Fig. 135. — Ammonite.

Mais il est facile de comprendre que cette écorce, qui devenait de plus en plus sodide, ne put se *plisser* sans



Fig. 137-138. — Rostres de Bélemnites (grand. nat.).

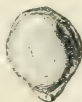


Fig. 139. — Térébratule (grand. nat.).

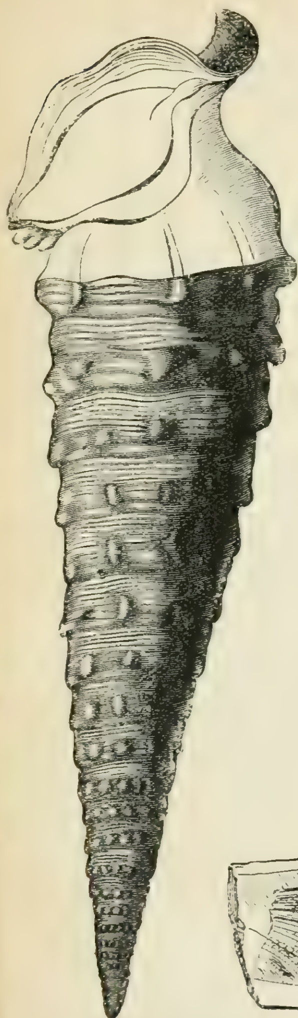


Fig. 136. — Cérithe géant; 50 centimètres (Éocène).



Fig. 140. — Aile fossile de Libellule.

se fendiller, se crevasser. Et par ces crevasses une partie de la matière liquide du *noyau liquide central incandescent s'épancha* en donnant naissance aux *roches éruptives* qui cristallisèrent par le refroidissement.



Fig. 141-142. — *a*. Laurier camphrier; *b*. Laurier noble.

Fig. 143. — Feuille d'Érable (Eocène de Sezanne).

Les parties saillantes de cette écorce non couvertes par les océans furent les *continents*.

Et aussitôt que la *vie fut possible* à la surface du globe, *les animaux et les plantes* firent leur apparition. Ce sont les débris de ces premiers habitants de notre terre et de leurs successeurs qui, emprisonnés dans les couches terrestres, constituent les *fossiles* (fig. 133 à 143).

Questionnaire. — 143. Comment appelle-t-on les terrains qui ne se sont pas déposés au fond de l'eau, ou qui n'ont pas été formés par le transport des eaux? Où en trouve-t-on en France? — 144. Quels sont les trois grandes parties de notre terre? Quelle est l'importance de l'écorce terrestre par rapport au noyau central? Existe-t-il partout la même température dans toute l'épaisseur de l'écorce terrestre? Que savez-vous au sujet de cette température? — 145. Comment expliquez-vous la formation de l'écorce terrestre et des océans? Qu'appelle-t-on fossiles? Citez-en quelques-uns d'après les légendes des figures.

Vingt-cinquième leçon.

LES VOLCANS

Ce que c'est qu'un volcan.

146. — Le mot *Volcan* vient de *Vulcain*, nom du dieu du feu chez les Romains.

Un volcan (fig. 144) est une montagne de forme pyramidale qui vomit, par une ou plusieurs ouvertures appelées



Fig. 144. — Le Vésuve depuis l'an 79.

cratères, du feu, des flammes, des roches fondues nommées *laves*.

Les montagnes ardentes, dit Buffon, qu'on appelle volcans, renferment dans leur sein le soufre, le bitume et les matières qui servent d'aliment à un feu souterrain, dont l'effet, plus violent que celui de la poudre et du tonnerre, a de tout temps étonné, effrayé les hommes, et désolé la terre.

Un volcan est un canon d'un volume immense, dont l'ouverture a plus d'une demi-lieue : cette large bouche à feu vomit des torrents de fumée et de flammes, des fleuves de bitume, de soufre et de métal fondu, des nuées de cendres et de pierres; et quelquefois elle lance à plusieurs lieues de distance des masses de rochers énormes, et que toutes les forces humaines réunies ne pourraient pas mettre en mouvement; l'embrasement est si terrible et la quantité de matières ardentes, fondues, calcinées, vitrifiées, que la montagne rejette, est si abondante, qu'elles enterrent les villes, les forêts, couvrent les campagnes de cent et de deux cents pieds d'épaisseur, et forment quelquefois des collines et des montagnes qui ne sont que des monceaux de ces matières entassées.

L'action de ce feu est si grande, la force de l'explosion est si violente, qu'elle produit par sa réaction des secousses assez fortes pour ébranler et faire trembler la terre, agiter la mer, renverser les montagnes, détruire les villes et les édifices les plus solides, à des distances même très considérables.

Caractères d'une éruption volcanique.

147. — Une *éruption volcanique* est annoncée :

1° Par l'augmentation de vapeur qui s'échappe du cratère;

2° Par l'ébranlement du sol accompagné de bruits souterrains : ce sont les tremblements de terre;

3° Par le tarissement des puits;

4° Par l'inquiétude des animaux;

5° Par des craquements qui se produisent dans le cratère;

6° Enfin par une colonne devenant un panache de vapeur d'eau, de gaz et de cendres qui s'élèvent du cratère.

Cette colonne, sombre le jour, rouge la nuit, atteint plusieurs kilomètres de hauteur : elle se compose surtout de vapeur d'eau et de cendres volcaniques. Lors de l'éruption du Krakatoa, en 1883, elle s'éleva à 11 kilomètres.

La lave incandescente s'échappa par le sommet du cratère ou par des crevasses ouvertes dans le *cône volcanique*. Elles descendit vers les vallées en une ou plusieurs coulées.

Situation des volcans. Leur répartition.

148. — Les volcans sont généralement situés dans le voisinage de la mer (fig. 145). Il y en a même dans la mer : ce sont les volcans *sous-marins*.

Un grand nombre de volcans autrefois sur le bord de la mer, en sont aujourd'hui éloignés, la mer s'étant retirée; témoin ceux de notre Auvergne.

Certains volcans vomissent constamment des matières quelconques : on dit qu'ils sont en activité. D'autres ne donnent plus signe de vie, on les dit *éteints*. On ne sait jamais si un volcan est complètement éteint. Quelques-uns qu'on croyait éteints à tout jamais se sont réveillés plus terribles que dans le passé.

La plupart des volcans éteints étaient en activité lorsqu'ils étaient à proximité de la mer, comme ceux de l'Auvergne; ils ont cessé leurs éruptions après que les mers ont eu quitté leurs parages.

Il y a cependant des volcans en activité loin de la mer, comme il y en a d'éteints près de la mer et dans la mer même.

Les volcans sont orientés sur le globe suivant les trois grandes dépressions longitudinales occupées par les océans Atlantique, Pacifique et Indien, et suivant la grande dépression méditerranéenne.

Les volcans visibles se trouvent presque tous dans ces dépressions, mais plus particulièrement à leur rencontre qu'on peut appeler les zones volcaniques par excellence. De plus, la plupart sont sur le bord de la mer et dans les îles.

Les volcans de l'Atlantique, de la Méditerranée et des Antilles.

149. — Dans sa partie orientale, l'Atlantique possède un grand nombre d'*îles volcaniques* : telles sont du côté de l'Afrique les *Açores*, *Madère*, les *Canaries* renfermant le pic de *Ténérife*, haut de 3 720 mètres et coiffé d'un énorme panache de fumée; les *îles du Cap-Vert*, *celles du golfe de Guinée*, les rochers de l'*Ascension* et de *Sainte-Hélène*, et, plus au nord, les volcans de l'Islande dont le principal est le mont *Hécla*.

Comme se rattachant au côté est de l'Atlantique, on peut citer le groupe de la *Méditerranée*, bien que quelques-uns soient éloignés de l'Océan; mais la Méditerranée est une dépendance de l'Atlantique.

Citons les *volcans du Caucase*, de l'*Arménie*, avec l'*Ararat*, ancien volcan de 5156 mètres; l'*archipel grec*, avec le *Santorin* qui, par ses éruptions, a donné naissance à de nouvelles îles; et plus près de nous, la *Sicile* avec l'*Etna*, haut de 3 313 mètres, menaçant constamment la ville de *Catane* qui fut à demi détruite au XVII[e] siècle; l'île *Stromboli* avec le volcan du même nom, toujours en activité, et qui fait partie du groupe des îles *Lipari*; l'Italie continentale avec le pays de Naples, où le *Vésuve*, haut de 1 282 mètres, est toujours en activité.

En l'an 79 de notre ère, le Vésuve anéantit les villes

d'Herculanum et de Pompéï, où le naturaliste Pline l'Ancien trouva la mort.

Il y a donc là un dangereux fossé parsemé de volcans dont un grand nombre sont toujours menaçants.

De l'autre côté, l'Atlantique présente une grande dépression volcanique : c'est la mer des *Antilles* ou des *Caraïbes*.

Ici, les volcans sont disposés en arc de cercle au bord d'une grande fosse dont la profondeur atteint jusqu'à 5 000 mètres.

La plupart des petites Antilles ont aussi leurs volcans.

L'un des volcans les plus connus des Antilles était, jusqu'à ces derniers temps, le piton de la *Soufrière*, dans l'île française de la *Guadeloupe*.

La *Montagne Pelée*, à la *Martinique*, semblait être jalouse de cette renommée, et s'est vengée en mettant en deuil la nation française et presque le monde entier.

En 1797, pendant trois jours, le piton de la *Soufrière* fit entendre des mugissements et enveloppa l'île d'un épais nuage noir. L'année suivante il lança d'énormes quantités de pierres, puis dormit trente-huit ans durant. En 1836 il se réveilla. En 1843, sa cime s'écroula toute entière et, ainsi décapité, il se mit à vomir un énorme jet de vapeur d'eau.

Les volcans du Pacifique.

150. — L'océan Pacifique est pourvu d'une véritable *ceinture volcanique* (fig. 145) qui, sous le nom de *Cercle de feu* du Pacifique, part de la *Nouvelle-Zélande*, gagne les *Nouvelles-Hébrides*, les îles *Salomon*, les îles de la *Malaisie* comptant *109 volcans*, le *Japon* avec le *Fusi-Yama*, les îles *Kouriles* avec *20 volcans*, le *Kamt-*

chatka possédant *38 volcans*, les îles *Aléoutiennes*, riches de *48 volcans*, la presqu'île d'*Alaska*, les *Montagnes Rocheuses*, comprenant un grand nombre de cônes éteints, le *Mexique* avec le *Norullo*, le *Popocatepetl*, l'*Orizaba*; l'*Amérique centrale*, riche de *140 volcans*, la

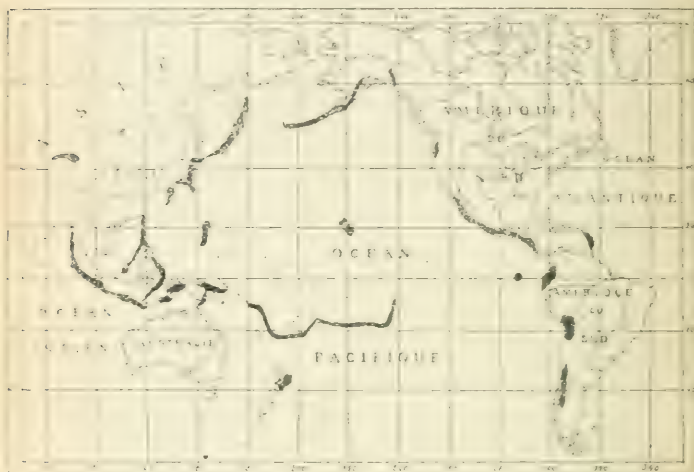


Fig. 145. — Bordure volcanique de l'océan Pacifique.

Chaîne des Andes avec *40 volcans*, dont le *Cotopaxi*, l'*Antisana*; puis la *Terre de Feu*.

Ce *Cercle de feu*, au centre duquel se trouvent de nombreux volcans en activité, comme le *Mauna-Loa* des îles Sandwich, est fermé dans la zone antarctique par les volcans *Erebus* et *Terreur*.

Le *Mauna-Loa* a bouleversé par ses éruptions grandioses toute l'île d'*Havaï*. Sa cime dépasse celle de son voisin, le *Mauna-Réa*, aujourd'hui éteint, haut de 4 200 mètres.

De nombreuses îles de l'Océanie ont eu pour origine

des éruptions volcaniques : ce sont des cônes de volcans dépassant le niveau de la mer.

La *Nouvelle-Zélande* est très souvent agitée par de formidables tremblements de terre. Elle possède de nombreux geysers. Son plus dangereux volcan est le *Tongarico*.

Le mont *Saint-Élie*, aujourd'hui éteint, dans la presqu'île d'*Alaska*, situé au centre d'une traînée de cratères actifs, dépasse 5 300 mètres. Le mont *Rainier*, dans la chaîne des *Cascades*, aux États-Unis, atteint près de 4 400 mètres. C'est de l'autre côté des Montagnes Rocheuses que se trouve le *Grand Geyser* qui projette par intermittence à 500 pieds de haut ses cinq jets d'eau bouillante.

Au Mexique, pays des éruptions volcaniques incessantes et des tremblements de terre continuels, est le *Popocatepetl*, haut de 5 400 mètres, et dont la cime unique fume toujours.

L'un des volcans actifs de l'Amérique centrale, le *Cosegunia*, dans une éruption de 1835, lança de telles quantités de cendres et autres matières que, pendant deux jours, il couvrit tout le pays d'une profonde obscurité.

Dans l'Amérique méridionale, parmi les 16 volcans de l'Équateur, est le *Cotopaxi*, dont le cône tronqué et grandiose s'élève à 6 000 mètres.

Le Pérou, la Bolivie, le Chili et la Patagonie comptent aussi de très nombreux volcans.

Volcans de l'océan Indien.

151. — L'arc des îles de la Sonde est jalonné par une chaîne presque ininterrompue de volcans dont 49 sont en activité.

Le plus célèbre est le *Krakatoa*, au sud de Sumatra,

dont l'explosion de 1883 causa la mort d'environ 20 000 personnes. La vague marine qu'il souleva et les poussières qu'il projeta dans l'air se répandirent jusqu'en Europe.

L'île française de la *Réunion*, et l'archipel français des *Comores*, situés de l'autre côté de l'océan Indien, ont aussi leurs volcans actifs.

Le long de la mer Rouge, la côte africaine présente une suite de volcans éteints, dont les cimes culminantes sont sous l'équateur. Le *Kénia*, 5 500 mètres, et le *Kilimanjaro*, 6 000 mètres, ont d'énormes cratères, neigeux et glacés sous l'équateur même.

Théorie d'un volcan.

152. — *Les volcans occupent toujours le flanc le plus incliné des rides ou plissements de l'écorce terrestre, et suivent les lignes de brusque dépression.*



Fig. 146. — Figure théorique montrant l'origine et la disposition probable des fissures de la croûte terrestre par laquelle s'échappe la lave : — AB, volcans sous-marins ; CD, volcans terrestres.

En effet, supposons l'un des plissements de l'écorce terrestre (fig. 146) formant une dépression extérieure, A, couverte par la mer. Il y a une autre dépression, D, formée en sens inverse, au-dessous de laquelle le *noyau central* exerce un effort. Ce plissement n'a pu se faire sans qu'il y ait eu des fractures plus ou moins nombreuses, dans la région A B C D. Et ces *fractures seront forcé-*

ment plus importantes aux points des plus grandes courbures, en B et C.

La masse centrale en fusion pénètre dans ces fractures, et s'échappe au dehors. On a, par exemple, deux séries de volcans, l'une sous-marine en A, l'autre continentale, en C. Ce qui explique parfaitement que les phénomènes volcaniques se rattachent à la contraction progressive du globe, au refroidissement progressif de notre planète.

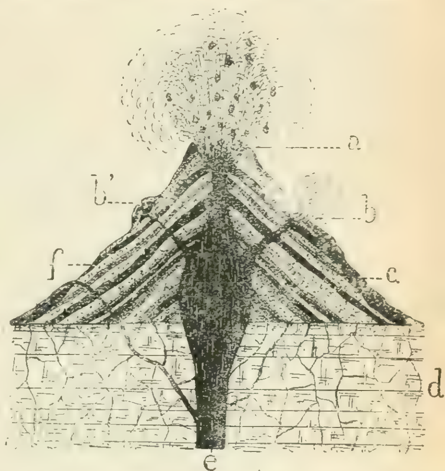


FIG. 147. — Coupe d'un volcan. — *a*, cratère; *bc*, coulée latérale; *d*, sous-sol (calcaire, ...); *e*, cheminée; *fc*, cône principal; *b'*, cône adventice.

Le conduit qui traverse l'écorce terrestre se nomme *cheminée*, et son ouverture supérieure en forme d'entonnoir prend le nom de *cratère* (fig. 147).

QUESTIONNAIRE. — 146. Qu'est-ce qu'un volcan? Qu'a dit Buffon en parlant des volcans? — 147. Quels sont les caractères d'une éruption volcanique? — 148. Où sont situés les volcans, règle générale? Comment sont orientés les volcans sur le globe? — 149. Citez les principaux volcans de l'Atlantique. Quels sont les principaux volcans de la Méditerranée? Dites ce que vous savez des volcans des Antilles. — 150. Que savez-vous du cercle de feu du Pacifique? Montrez les principaux sur la carte. — 151. Combien de volcans sont en activité dans l'arc des îles de la Sonde? Que savez-vous des volcans de l'océan Indien? — 152. Expliquez au tableau la théorie d'un volcan.

Vingt-sixième leçon.

TERRAINS FORMÉS PAR LES VOLCANS VOLCANS ÉTEINTS. MONTAGNE PELÉE

Nature des produits rejetés. Terrains formés par les volcans.

153. — Les produits rejetés par les volcans sont de nature diverse, et contribuent plus ou moins à former des terrains.

Il y a des *matériaux solides*, des *substances liquides* et des *gaz*.

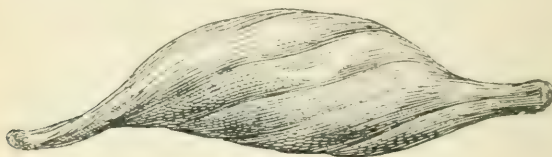


Fig. 148. — Bombe volcanique.

Les matériaux solides sont des *scories*, des *bombes* dites *bombes volcaniques*, des *sables* ou *lapilli* et des *cendres* appelées *cendres volcaniques*.

Les *scories* sont des fragments irréguliers, ayant pour origine la paroi du cratère et la couche superficielle de la lave.

Les *bombes* (fig. 148) sont des parties de lave qui s'élèvent en tournoyant, s'arrondissent en s'étirant aux deux extrémités de l'axe, et prennent un peu la forme d'un fuseau.

Les *lapilli* sont des grains dont l'accumulation forme un *sable volcanique*.

Quant aux *cendres volcaniques*, elles sont dues à la pulvérisation de la lave projetée au dehors du volcan par

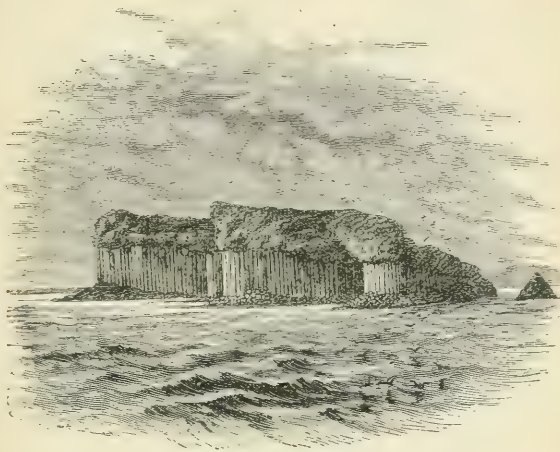


Fig. 149. — Colonnades basaltiques de la grotte de Fingal (île de Staffa, Écosse).

le brusque dégagement du gaz qu'elle renfermait sous une très forte pression.

Si l'émission des *cendres volcaniques* est accompagnée de pluies abondantes, il se produit des *coulées de boues* qui se rendent dans les endroits les plus bas, où elles se solidifient et donnent une *roche* appelée *tuf*. C'est ainsi que Herculanum et Pompéï furent ensevelies en 79.

La *lave* est une roche en fusion ayant une température de 1 000 degrés. Elle est de nature très diverse et donne naissance à des roches multiples : *trachytes*, *basaltes* (fig. 149), *obsidiennes*, etc.

Les *basaltes* forment souvent des *colonnes prismatiques parallèles* (fig. 150).

Les *produits gazeux* sont nombreux : il y a des *acides chlorhydrique* et *sulfureux*, du *gaz carbonique*, de l'*hydrogène*, de la *vapeur d'eau*, des *sulfures* et des *carbures d'hydrogène*, etc.

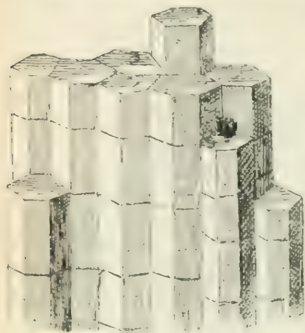


Fig. 150. — Colonnades prismatiques de basalte.

Les produits gazeux qui s'échappent de la lave fondue s'appellent *fumerolles*.

On comprend que toutes les matières volcaniques, surtout les solides, se déposent autour du cratère et forment des *terrains* sur un diamètre plus ou moins grand suivant la nature de ces matières, la configuration du sol qui environne le cratère, etc.

A la longue, ce nouveau sol se couvre de végétation, et l'homme finit quelquefois par s'en emparer et le livrer à la culture.

Les geysers, les solfatares et les soffioni sont des volcans éteints.

154. — Les *volcans éteints* continuent à émettre, directement ou indirectement des gaz, des vapeurs, des eaux chaudes parfois riches en substances minérales dissoutes.

Alors ils donnent lieu aux *geysers*, aux *solfatares*, aux *soffioni*, aux *sources thermales* (fig. 151) et *minérales*, tous appareils qui occupent les *régions volcaniques*.

Les *geysers* (fig. 152) sont des *sources intermittentes*

d'eau bouillante, tenant en dissolution des substances qui varient avec la nature des roches traversées par l'eau.

Les geysers d'Islande ont été longtemps les seuls connus, le *Grand Geyser* en particulier. C'est un cône



Fig. 151. — Sources chaudes en Nouvelle-Zélande.

surbaissé ayant 70 mètres de diamètre à la base et une hauteur d'environ 10 mètres. Son axe est occupé par un large canal vertical de 22 m. 50 de long, continué en bas par des crevasses irrégulières, et terminé à sa partie supérieure par un bassin (fig. 153) de 20 mètres de diamètre.

Ce bassin se remplit et se vide alternativement. Toutes les vingt-quatre heures, le contenu en est projeté en l'air par une violente éruption précédée de quelques petites

projections. C'est de l'eau chaude. Puis, d'autre eau monte peu à peu par le canal central dans le bassin qui est à nouveau rempli au bout de six à sept heures. Enfin,

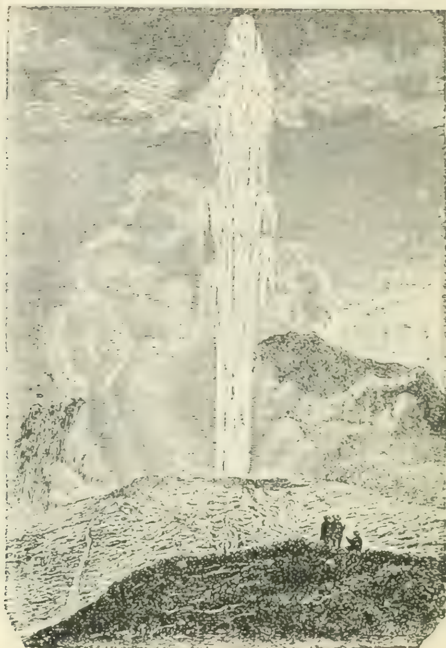


Fig. 152. — Geyser en éruption.

a lieu une éruption vingt-quatre heures après la précédente.

Le parc national de *Yellowstone* (fig. 154), dans l'État de *Wioming*, aux États-Unis, présente les plus belles manifestations de l'activité des *geysers*. On y compte plusieurs milliers de bouches, dont 70 en activité.

Le Grand Geyser projette par intermittence à 500 pieds de haut cinq jets d'eau bouillante.

Une *solfatare* est une sorte de volcan d'où s'échappent de la vapeur d'eau et des gaz divers, surtout de l'*hydro-*



Fig. 153. — Bassin d'un geyser.

gène sulfuré, combinaison de *soufre* et d'*hydrogène*, qui s'oxyde à l'air et transforme les roches voisines en *sulfates*. Mais une partie de ce gaz se décompose et donne du *soufre natif*.

La *solfatare* de *Pouzzole*, près de Naples, en Italie, provient d'un volcan dont la dernière éruption eut lieu en 1198.

C'est là qu'on trouve le produit volcanique appelé *pouzzolane*, si utile pour les constructions hydrauliques.

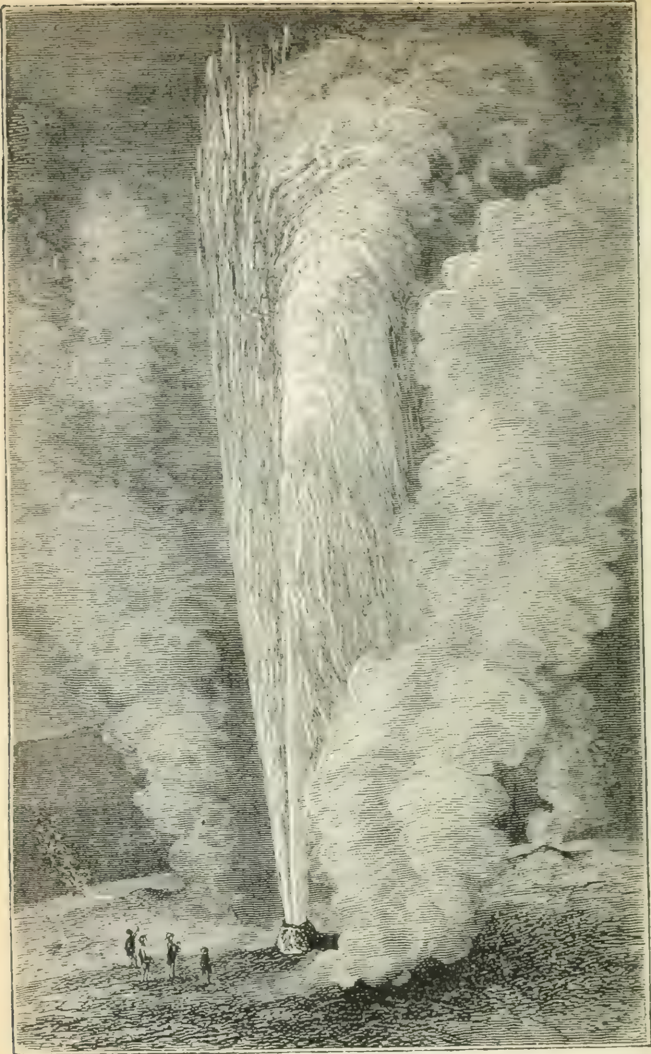


Fig. 154. — Geyser Beehive, avec jets de 60 m. de hauteur, Yellowstone Park, Colorado (États-Unis). — On prétend qu'il n'existe pas moins de 10 000 sources chaudes, geysers et lacs, dans l'enceinte de Yellowstone Park.

Les *soffioni* sont des sortes de volcans d'où s'échappent, par des fentes du sol, des jets de vapeur d'eau à une température de 105 à 120°.

L'eau condensée, qui contient de l'*acide borique* notamment, est recueillie dans des bassins où la *solution borique* se concentre peu à peu.

On trouve des *soffioni* en Toscane, province d'Italie, qui a pour capitale Florence.



Fig. 155. — Fumerole de la Montagne Pelée s'échappant d'une fissure du sol.

Les *produits gazeux* qui se dégagent de la lave fondue s'appellent *fumeroles* (fig. 155) : ils forment des nuages non seulement au sommet du cratère, mais encore en divers points de la coulée. Celles de ces fumeroles qui émettent du gaz carbonique sont appelées *mofettes*.

Volcans éteints. Puys d'Auvergne.

155. — Les volcans se formant dans le voisinage de la mer, il n'est donc pas étonnant que ceux-ci s'éteignent quand la mer abandonne les côtes près desquelles ils sont situés.

Aussi trouve-t-on les restes d'anciens volcans sur plusieurs points du globe actuellement assez éloignés de toute mer. Tels sont les *Puys d'Auvergne* (fig. 156), en France.

Dans le Plateau central se trouvent plusieurs montagnes terminées par un *cône tronqué*, c'est-à-dire sans véritable *sommet*. La partie la plus haute, qui est alors le *sommet* actuel, est creusée en forme de *cratère*.

Ces cratères d'Auvergne ont tantôt la forme d'une cuvette régulière, tantôt celle d'une cuvette échancrée ou déformée : ce serait alors la *lave* s'épanchant d'un côté, qui aurait produit cette échancrure ou cette déformation.

Les roches déposées autour de ces *puys* montrent clairement que ce sont des produits volcaniques.

Quelques-uns de ces cratères sont comblés par les

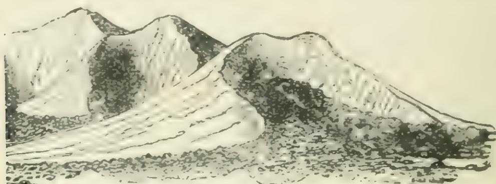


FIG. 156. — Volcans éteints d'Auvergne, avec une coulée de basalte.

roches refroidies à l'époque où le volcan perdait de son activité.

Dans d'autres, les *poussières et les autres produits volcaniques* ont formé une sorte de ciment, un mastic imperméable : les cratères se sont alors remplis d'eau, et l'on a un *lac* (fig. 157).

Ailleurs, le cratère a été occupé par des roches sur lesquelles la végétation a pu s'établir : le cratère est devenu une prairie dans laquelle paissent les bœufs et les vaches.

Mais les feux intérieurs ne sont pas tellement assoupis que certaine vallée ne fume encore et que les *étouffis* du mont Dore ne rappellent la *Solfatare* et la Grotte du chien.

Le nom de *puy* donné à ces anciens volcans d'Auvergne vient du latin *podium* et du grec *podion* signifiant base.

On distingue dans les monts d'Auvergne trois masses principales :

Le Cantal,

Les monts Dores,
Les monts Dômes ou chaîne des Puys.

Le Cantal forme un magnifique massif circulaire de 150 kilomètres de tour. Il se compose des débris d'un grand volcan. Au centre se dresse le puy Griou, haut de

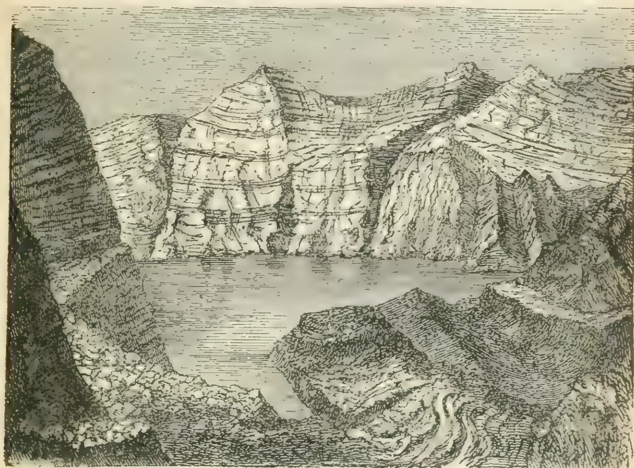


Fig. 157. — Ancien cratère de Widodarin (Java), occupé maintenant par les eaux d'un lac.

1594 mètres : tout autour sont situés le puy Brunet, le Plomb du Cantal, haut de 1858 mètres, le puy Bataillouze, le puy Mary et le puy Chavaroche.

Les monts Dores représentent également les ruines d'un ancien volcan. Sur un soubassement granitique d'environ 1 000 mètres d'altitude, s'élèvent huit sommets groupés en un étroit circuit. Le sommet du milieu, le plus élevé, est le *Puy de Sancy*, haut de 1 886 mètres, point culmi-

nant du Plateau central. Au sud-est se dresse le puy Ferrand, qui est un peu moins haut.

Les *monts Dômes* ou *chaîne des Puys* sont une longue suite d'une soixantaine de volcans éteints ou cônes volcaniques barrant à l'ouest la plaine de la Limagne, et reposant sur un socle de terrains primitifs haut d'un millier de mètres environ.

Les principaux sommets, tous volcaniques, sont le puy de Gergovie, le puy de Mercœur, le *puy de Dôme* (1465 m.), ancien volcan d'une forme admirable, le puy de Pariou et le puy de Côme.

Le puy de Dôme, roi de toute la chaîne, en occupe le centre.

Les monts d'Auvergne se composent de quatre groupes presque isolés, mais régulièrement disposés du nord au sud, sur une longueur de 120 kilomètres et une largeur moyenne de 25. Toutes les montagnes, soulevées par le feu souterrain, ont la forme de dômes, de cônes aigus ou tronqués.

Une centaine de cratères encore faciles à distinguer s'ouvrent à la cime ou sur les flancs des montagnes.

La France possède encore d'anciens volcans sur les côtes de la Méditerranée, dans le Velay et dans le Vivarais.

En Europe, on en trouve aussi en Hongrie, en Italie, en Espagne, en Grèce, en Angleterre.

Enfin, on en trouve des traces dans les différentes parties du monde.

L'éruption de la montagne Pelée à la Martinique en 1902.

156. — On ne peut jamais affirmer qu'un volcan soit complètement éteint.

En effet, au commencement de notre ère, le Vésuve passait pour être éteint, car il n'avait pas donné signe de vie depuis longtemps quand, tout à coup, au mois d'août 79, après des tremblements de terre violents, qui, dans le cours des seize années précédentes, avaient ébranlé la contrée, il sortit d'un long sommeil et ensevelit les villes d'Herculanum et de Pompéï.

C'est ainsi que la Montagne Pelée (fig. 158), à la Martinique, haute de 1 350 mètres, semblait aussi un volcan complètement éteint, quand, tout à coup, le 8 mai 1902,



Fig. 158. — La montagne Pelée (Martinique) et la rade de Saint-Pierre.

un peu avant huit heures du matin, une trombe de feu s'abattit sur la ville de Saint-Pierre en l'anéantissant. 40 000 personnes y trouvèrent la mort. Et depuis, elle menace toujours et vomit de temps en temps.

Dans toute l'Amérique, et même ailleurs, d'autres volcans se sont réveillés ou exaspérés.

Ce qui faisait croire que la montagne Pelée était bien éteinte, c'est qu'un petit lac s'était formé dans le cratère.

Cependant, en 1851, on avait ressenti un tremblement

de terre accompagné de sourds grondements, et des vapeurs sulfureuses sorties par un petit cratère ouvert sur le flanc de la montagne s'étaient répandues en pluie sur la ville de Saint-Pierre.

Tout cela était oublié lorsque, en avril 1902, le monstre se réveilla de nouveau faisant entendre de sinistres avertissements : il y eut des détonations, une pluie de cendres, des torrents de boue. Enfin vint la journée fatale du 8 mai que tout le monde connaît.

Éruption et ravages d'un volcan.

157. — « Au milieu de la nuit, dit Lacépède, un bruit affreux retentit à leurs oreilles; ils entendent au loin la mer mugir et rouler vers le rivage ses ondes amoncelées; les souterrains profonds sont frappés à coups redoublés; la terre tremble sous leurs pas; ils courent pleins d'effroi au milieu des ténèbres épaisses.

Une montagne voisine, s'entr'ouvrant avec effort, lance, au plus haut des airs, une colonne ardente, qui répand au milieu de l'obscurité une lumière rougeâtre et lugubre; des rochers énormes volent de tous côtés; la foudre éclate et tombe; une mer de feu, s'avançant avec rapidité, inonde les campagnes.

A son approche, les forêts s'embrasent, la terre n'offre plus que l'image d'un vaste incendie qu'entretiennent des amas énormes de matières enflammées et qu'animent des vents impétueux.

Cependant ces phénomènes terribles s'apaisent peu à peu; les feux s'amortissent, la mer, à demi calmée, retire en murmurant ses ondes bouillonnantes; la terre se raffermit, le bruit cesse, et le jour paraît. Quel triste et lugubre tableau présente la campagne ravagée! Elle n'offre plus que des monceaux de cendres, que des rochers

énormes entassés sans ordre, que des torrents de lave ardente, que des bois qui brûlent encore, que de tristes restes des infortunés qui ont péri au milieu de ces déserts. »

Questionnaire. — 153. Nommez les produits rejetés par les volcans? Dites ce que vous savez sur chacun de ces produits. — 154. Quels noms peuvent prendre des volcans dits éteints? Dites ce que vous savez des geysers, des solfatares, des soffioni, des fumeroles. — 155. Où trouve-t-on des volcans éteints en France? Comment sont groupés les volcans éteints de l'Auvergne? Quelle est la configuration générale des anciens cratères de l'Auvergne? Dites ce que vous savez des principaux pays d'Auvergne. — 156. Peut-on affirmer qu'un volcan soit vraiment éteint? Que savez-vous sur l'éruption de la montagne Pelée en 1902? — 157. Qu'a dit Lacépède de l'éruption et des ravages d'un volcan?

Vingt-septième leçon.

LE VÉSUVE

Histoire du Vésuve. — Menaces continues. Ce qu'est le Vésuve.

158. — Le Vésuve est si près de nous, il fait si souvent parler de lui qu'il est bon de connaître son histoire : aussi la résumerons-nous en quelques lignes.

Bien que le Vésuve soit un des volcans les moins élevés du monde et non des plus actifs, c'est le plus célèbre de tous, par sa situation au milieu d'une région populeuse, et aussi parce qu'il a été le plus étudié.

Grâce à la proximité de Naples, c'est une sorte de laboratoire géologique fonctionnant sous les yeux des savants de l'Europe. Un observatoire météorologique établi en 1844, sur le versant Nord du cône, à 676 mètres d'altitude et que les laves ont parfois entouré de leurs flammes, permet aux savants de suivre les éruptions à leur source.

Depuis 1880, l'excursion du Vésuve se fait de Naples même par des voitures qui gagnent la gare du chemin de fer funiculaire, placée à la base même du cône, au-dessus de l'observatoire et à 800 mètres d'altitude. Le funiculaire monte en ligne droite jusqu'à son point terminal, à 400 mètres plus haut. De cette station, un sentier, tracé sur la lave même et bien entretenu, mène en moins de vingt minutes au sommet du cône principal, à ce que l'on appelle la *mer de soufre*. Là on se trouve en face du grand cratère qui mesure environ 1 800 mètres de circonférence.

Quand l'immense gueule est au repos, si l'on plonge son regard dans l'abîme fumant, on n'y distingue qu'une sorte de vapeur blanchâtre qui tressaille comme dans une immense chaudière.

Lorsque la masse vaporeuse est chassée par un coup de pression intérieure et que le vent balaye l'entrée de l'orifice, on aperçoit le roc absolument calciné.

Plus bas, dans le fond du trou, on peut entrevoir par les crevasses, d'où s'échappe une fumée suffocante, le feu qui brûle éternellement à l'intérieur, la matière volcanique toujours incandescente et qui bouillonne dans cette cheminée gigantesque.

Le Vésuve, la montagne à la fois chérie et redoutée des habitants de Naples, se dresse à quinze kilomètres de cette ville. C'est un cône isolé, baignant d'un côté son pied dans la mer et de l'autre s'abaissant en pente douce vers les



Fig. 159. — Vésuve et *monte* Somma.

plaines de la Campanie. Sa hauteur a souvent varié sous l'influence des éruptions et des tremblements de terre. Il s'élève tout d'abord en un cône unique de 16 kilomètres de diamètre environ à sa base. A la hauteur de 595 mètres, il s'y greffe un double cône : le plus rapproché de Naples est le cône volcanique actuel, le Vésuve proprement dit, qui paraît avoir été soulevé lors du terrible réveil du

volcan en 79 après J.-C.; l'autre, la *Somma*, est sans doute ce qui reste du cône ancien, dont le dôme fut lancé dans l'espace, lors de cette éruption. Entre ces deux sommets est une vallée semi-circulaire de cinq cents mètres de largeur.

Tandis que la *Somma* (fig. 159), toujours épargnée, de mémoire historique, par les éruptions, a une altitude fixe de 1 110 mètres, la hauteur du Vésuve s'est accrue d'une manière assez constante par le produit de ses déjections. Son cône, encore inférieur à la Somma en 1749, époque où il n'avait que 1 014 mètres, a aujourd'hui une altitude de plus de 1 300 mètres.

Témoignage des écrivains.

159. — Tous les écrivains de l'antiquité, antérieurs à l'an 79 de notre ère, parlent du Vésuve (fig. 160) comme d'un volcan éteint depuis un temps immémorial. Et c'est là l'un des nombreux exemples du calme trompeur qu'affectent souvent les volcans pendant plusieurs siècles.

Aucun souvenir n'avait été conservé des éruptions précédentes, qui remontaient certainement à des milliers d'années. Le fait est que le Vésuve n'avait point donné de signes d'activité depuis le débarquement de la première colonie grecque dans l'Italie méridionale, ce qui constitue déjà, au moins, une période respectable de 1500 ans.

A l'époque du géographe Strabon, qui vivait au premier siècle avant J.-C., et qui est mort sous Tibère, ce volcan présentait encore un tout autre aspect qu'aujourd'hui. Au lieu de deux pics que l'on voit maintenant, il n'y en avait qu'un, la *Somma*, sur lequel une légère dépression, au sommet, marquait l'endroit d'un ancien cratère.

Jusque dans le voisinage du sommet noirci, les pentes fertiles de la montagne étaient couvertes de champs bien

cultivés, et les villes florissantes de Pompéi, Herculanum et Stabia s'élevaient à la base de la montagne endormie.

L'idée d'un danger quelconque se présentait alors si peu à l'esprit, que les esclaves révoltés, sous la conduite de Spartacus, mort en l'an 73, avant J.-C., choisirent le cratère même pour refuge.

En l'an 63 de notre ère, un violent tremblement de terre renversa en partie Herculanum et Pompéi. Mais personne ne soupçonna qu'il était le prélude de la catastrophe qui allait se produire seize ans plus tard, et grandes



Fig. 160. — Le Vésuve, avant l'an 79.

furent la surprise et l'épouvante lorsque, le 24 août de l'an 79, pendant que toute la population de Pompéi était réunie à un grand combat de gladiateurs, la paisible montagne révéla par une explosion soudaine la force terrible qui sommeillait dans ses profondeurs.

La *Somma* fut brusquement soulevée, réduite en poudre et projetée dans l'espace.

Ainsi fut achevée la ruine des deux malheureuses cités, et Stabia avait subi leur sort.

L'avalanche de cendres sous laquelle elles furent ense-

velies forma en se refroidissant une croûte épaisse et dure comme le roc.

Si bien que longtemps après le cataclysme, la lumière étant reparue, les populations des environs qui avaient fui épouvantées, revenues, ne reconnaissaient plus les lieux.

Un océan de laves, alors solidifiées, avait, en coulant sur les cendres, enfermé comme dans un sépulcre les villes d'Herculanum, Pompéi et Stabia avec les habitants qui n'avaient pu fuir.

La montagne avait perdu sa forme.

Cette éruption de 79 dura trois jours avec une telle violence que toute la contrée fut plongée dans les ténèbres par un déluge de cendres. On crut que c'était la fin du monde.

L'obscurité s'étendit jusqu'à Rome, et des cendres poussées par le vent allèrent jusqu'en Syrie et en Égypte.

Ce ne fut que 17 siècles après la catastrophe que l'on pénétra dans le tombeau où furent ensevelies les villes d'Herculanum, Pompéi et Stabia.

Fouilles.

160. — Grâce aux fouilles qui ont été pratiquées, plus de la moitié de la ville de Pompéi a été déblayée de toutes les cendres du Vésuve et révèle non seulement la ville morte en parfait état de conservation, avec ses monuments, ses rues et ses maisons, mais encore la vie elle-même de la société provinciale romaine, retrouvée, en la prenant, pour ainsi dire, sur le fait.

Les inscriptions crayonnées au charbon sur les murs et sur les tables de cire, les diverses besognes interrompues par les malheureux que surprit la catastrophe, les cadavres momifiés dans l'attitude de la fuite, du travail et même du vol, ont fait revivre le moment précis du drame.

Mais on ne connaît encore qu'une partie des curiosités que les cendres du Vésuve ont voilées, tout en les laissant intactes.

Herculanum, que la lave solide a recouvert d'un linceul de pierre de vingt mètres d'épaisseur et qui porte maintenant les villas et les maisons de Resina, de Portici et d'autres faubourgs de Naples, n'a permis d'entrevoir qu'une faible partie de ses précieux mystères.

Stabia, qui dort près du rivage marin, sous la ville de Castellamare, garde encore, presque en entier, le secret de ce qu'elle fut jadis.

Herculanum fut retrouvée par des carriers qui fouillaient le sol pour la construction d'un palais, et quelques années plus tard, par hasard également, des vignerons découvrirent, sous leurs pieds, en piochant la terre, les premières maisons de Pompéi.

Le Vésuve depuis 79.

161. — Depuis l'événement terrible de 79, depuis cet effroyable réveil, le Vésuve a fait parler de lui. Il s'est assoupi quelquefois ; mais il ne s'est jamais endormi.

En 472, ses cendres et ses poussières furent transportées jusqu'à Constantinople, à la distance de 1 160 kilomètres. Mais on n'a jamais constaté de périodicité dans ses divers paroxysmes.

En 512 et en 685, nouvelles crises. Puis survient un repos de trois siècles, assez long pour que des forêts aient pu naître et grandir de nouveau aux abords du cratère au pied duquel il y avait une plaine où paissait le bétail, et les sangliers avaient leur repaire dans la partie boisée.

Encore une fois le Vésuve sembla éteint. L'éruption de 993 démontra qu'il n'était qu'assoupi. Puis vinrent celles

de 1036, 1198, 1500, 1538, 1631, 1737, 1794, 1858, 1872, etc.

Les éruptions sont, en effet, dans l'époque contemporaine, beaucoup plus fréquentes qu'elles ne le furent dans l'antiquité et dans le moyen âge : jusqu'en 1500, l'histoire en a compté 9; mais depuis lors il y en a eu 50 considérables, sans parler de beaucoup d'autres sans importance.

Le journal les *Annales du Vésuve* ne constate aucune périodicité dans les éruptions. Il n'est donc pas possible de les prévoir et de se mettre à l'abri.

L'éruption du 16 décembre 1631 fut une de ses plus terribles crises.

Un nuage colossal de fumée et de cendre, s'élevant en forme de pin, comme celui que Pline avait observé lors de la première éruption de l'année 79, obscurcit à Naples la lumière du jour et se répandit avec une incroyable rapidité sur le sud de l'Italie jusqu'à Tarente. Des blocs de pierre furent projetés jusqu'à 20 kilomètres. Au village de Somma il en tomba une qui pesait 500 quintaux.

Le sol tremblait, se crevassait sous de formidables secousses souterraines, et sept torrents de lave brûlante vomis par la montagne détruisirent de fond en comble Bosco, Torre dell'Annunziata, Torre del Greco, Resina et Portici; plus de 3 000 personnes périrent.

En 1737, l'éruption dura douze jours et ne s'arrêta qu'après avoir produit près de neuf millions de mètres cubes de matières ignées.

Les figures 161 et 162 représentent le sommet du Vésuve quelques années après cette éruption.

L'éruption de 1794 fut plus violente encore; la lave se jeta en si grande quantité dans le golfe, près de Torre

del Greco, qu'en recevant ce fleuve de feu l'eau de la mer devint bouillante.

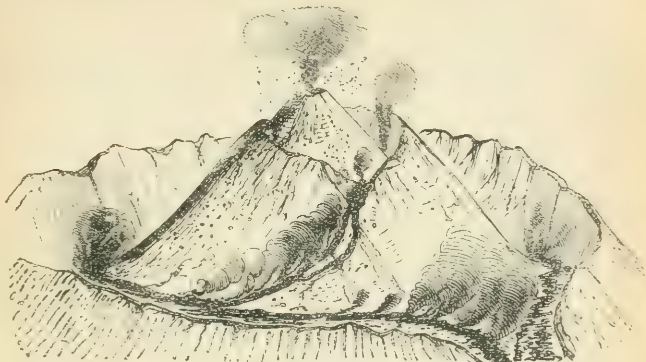


Fig. 161. — Sommet du Vésuve en 1756.

En 1858, l'inondation de la lave s'avança au pied du Vésuve, entre Massa et San Sebastiano.



Fig. 162. — Sommet du Vésuve en 1767.

Lors de l'éruption de 1861, la ville de Torre del Greco s'abîma dans d'énormes crevasses. Depuis lors, une nou-

velle Torre del Greco — la huitième en cent cinquante ans — s'est élevée au pied du mont redoutable.

L'éruption de 1872 coûta la vie à 300 spectateurs et causa une véritable panique à Naples, où la pluie de cendres atteignit jusqu'à 5 centimètres d'épaisseur. Plus de 40 000 personnes abandonnèrent la ville.

Au printemps de 1885, deux crevasses nouvelles se sont ouvertes du côté de Pompéi.

En 1886, une coulée se forma vers l'Atrio del Cavallo et en 1891 l'observatoire fut menacé.

Enfin, l'éruption de 1900 et celle de 1903 semblent indiquer que le volcan continue à être en pleine activité et qu'il y a lieu de se tenir sur ses gardes.

Malgré l'insécurité de ces parages, les flancs inférieurs du massif, très fertiles et très soigneusement cultivés, produisent, entre autres, le fameux vin de *Lacrima-Christi*, un excellent vin de table connu sous le nom de *Vesuvio*, et des céréales en abondance.

Comme l'inondé qui s'obstine à revenir aux berges du cours d'eau ravageur, le Vésuvien ne peut se résigner à abandonner sa montagne de feu. Les villages environnants, dont la population s'élève peut-être à 80 000 habitants, persistent à y cultiver le sol, et les touristes continuent tranquillement à aller visiter le cratère comme si rien ne les menaçait.

QUESTIONNAIRE. — 158. Pourquoi le Vésuve est-il le volcan le plus célèbre pour nous? Quelle description pouvez-vous faire du Vésuve et de la montagne qu'il couronne? — 159. Qu'avez-vous à dire du Vésuve d'après le témoignage des écrivains? Quelles villes a englouties le Vésuve en l'an 79 de notre ère? — 160. Que savez-vous sur les fouilles pratiquées à Herculanum et à Pompéi? — 161. Faites l'historique des éruptions du Vésuve depuis l'an 79. Habite-t-on et cultive-t-on les pentes de la montagne que couronne le Vésuve?

Vingt-huitième leçon.

TREMBLEMENTS DE TERRE

Ce qu'on appelle tremblement de terre.

162. — Lorsqu'un volcan assoupi veut entrer en éruption ou qu'un volcan en activité est sur le point de s'exaspérer, la terre est ordinairement agitée, avec plus ou moins de violence. C'est ce qu'on appelle un *tremblement de terre*.

Ce phénomène se produit cependant sans qu'on ait à signaler de réveils ou d'exaspérations de volcans.

Mais il faut bien retenir que la plupart des tremblements de terre sont en rapport avec les éruptions volcaniques.

Ces mouvements du sol sont parfois si violents que des maisons sont renversées, des villes détruites ou englouties avec leurs habitants.

Principaux tremblements de terre.

163. — Depuis le printemps 1902, époque à laquelle la Montagne Pelée fit tant de victimes, et même un peu avant, plusieurs volcans se sont *exaspérés*, et les tremblements de terre sont devenus fréquents en Amérique et en Europe.

Le bassin de la Méditerranée n'a pas été le moins atteint. Le Portugal, l'Espagne, le Midi de la France et l'Italie n'ont pas été épargnés.

Ne pouvant signaler tous les tremblements de terre que l'on a enregistrés depuis qu'on écrit l'histoire, qu'on relate

les faits et les grands événements, nous nous bornerons à parler des plus terribles, de ceux qui ont causé le plus de dégâts, qui ont fait le plus grand nombre de victimes.

Citons d'abord celui de Lisbonne, en novembre 1755.

Le 1er de ce mois, vers neuf heures quarante du matin, une très violente secousse se fit sentir. Elle parut durer environ six secondes, et en ce moment toutes les églises et les couvents de la ville, le palais du roi et la salle d'Opéra, qui était attenante, s'écroulèrent, ainsi que tous les édifices de quelque importance. Un quart environ des maisons particulières eurent le même sort et trente mille personnes périrent.

Deux heures après le feu se déclarait en trois endroits différents, occasionné par les feux des cuisines ou autres que le bouleversement avait alimentés. Une tempête succéda tout à coup au calme, et activa si bien les incendies qu'au bout de trois heures, la ville était réduite en cendres.

On eût dit que tous les éléments s'étaient conjurés pour détruire la ville; car aussitôt après le choc, le flot marin monta 40 pieds plus haut qu'on ne l'avait jamais observé, et se retira aussi subitement.

L'oscillation du sol qui produisit ce terrible désastre se fit sentir sur une étendue évaluée à plus de quatre fois la surface de l'Europe.

A Cadix, de hautes murailles voisines du rivage furent emportées par la mer qui s'éleva à 20 mètres au-dessus de son niveau ordinaire.

Le désastre se fit sentir jusqu'en Amérique.

La Calabre, la partie de la grande région volcanique méditerranéenne la plus exposée aux tremblements de terre, vit ses plus désastreux effets le 5 février et le 28 mars 1785.

Toute la surface du pays fut bouleversée sur une soixantaine de lieues carrées.

Sur 375 villes ou villages, 320 furent complètement ruinés, les autres ne furent pas beaucoup plus épargnés, 109 villes ou villages, avec une population de 166 000 habitants dont 32 000 restèrent écrasés sous les décombres, furent détruits dans l'espace de sept secondes, durée du tremblement.

Celui de 1857 coûta la vie à 10 000 personnes.

Les ravages s'étendirent jusqu'en Sicile.

En Calabre, le sol s'ouvrit de toutes parts. Des crevasses, dont quelques-unes n'avaient pas moins de 150 mètres de large et 500 mètres de long, se produisirent.

En février 1797, des bouleversements bien plus considérables eurent lieu dans les Indes.

L'espace ébranlé autour de la ville de Riobamba, qui fut entièrement renversée, embrasse toute la haute plaine volcanique de Quito entre le Tunguragua et le Cotopaxi. Sur ce même plateau une éruption de boue fit périr 40 000 Indiens.

Distribution géographique des tremblements de terre.

164. — Les ondulations qui se succèdent dans les tremblements de terre ont d'ordinaire une direction constante, celle sans doute suivant laquelle l'ébranlement se produit dans l'intérieur du sol.

Quelquefois cependant les secousses d'une direction alternent avec d'autres secousses d'une direction différente.

La vitesse de propagation n'est pas toujours la même. Elle dépend sans doute de plusieurs causes : de la nature des terrains traversés, par exemple.

C'est ainsi que lors du fameux tremblement de terre qui détruisit la ville de Lisbonne en 1755, on a reconnu, d'après les renseignements recueillis, que la vitesse avait été cinq fois plus grande entre les côtes du Portugal et celles du Holstein, sur les bords de la Baltique, que le long du Rhin.

De Lisbonne à Glückstadt, sur l'Elbe, dans le Holstein, l'ébranlement a parcouru 2 490 mètres par seconde.

Le recensement des tremblements de terre prouve que la surface du globe peut être partagée en régions : *celles dans lesquelles ils sont violents et fréquents*, et *celles où ils sont insignifiants et rares*. On peut ainsi établir une *carte des tremblements de terre*.

La partie du globe la plus exposée à ces phénomènes comprend le bassin de la Méditerranée : la mer Méditerranée et les pays adjacents, l'Asie Mineure, le Caucase, la mer Caspienne et les montagnes de la Perse.

Cette *région volcanique* se relie à une région volcanique de l'Asie centrale dont le foyer principal semble voisin du lac Baïkal en Sibérie.

Le continent asiatique est, sur une grande étendue, une *aire* de tremblements de terre.

L'Afrique, au contraire, à l'exception des rivages de la mer Rouge, autre centre volcanique, en est presque entièrement exempte.

Sur le continent américain, en dehors des terribles secousses qui bouleversent la chaîne des Andes et les pays situés à l'ouest de cette chaîne, les Antilles et les bords du golfe du Mexique, le phénomène y a été rare jusqu'à ces derniers temps.

Ce qui se produit dans cette région depuis le printemps 1902, viendra peut-être changer cet état de choses. L'avenir le dira.

On a généralement observé en Europe plus de tremblements de terre en automne et en hiver qu'au printemps et en été. On a trouvé que leur fréquence augmente lorsque le soleil, la terre et la lune sont dans un même plan, lors de la nouvelle et de la pleine lune.

On a souvent parlé des tremblements de terre qui ont agité le sol de la France vers l'an 1000; mais on n'a rien de bien certain à ce sujet.

Vienne en Dauphiné fut détruite, dit-on, en 478 par un tremblement de terre. On cite encore celui de 842 qui dura sept jours dans le nord de la France, et ceux de 801, 829, 950, qui furent à peu près généraux en Europe.

En France, la région sud-est a été la plus maltraitée, sans doute à cause de son voisinage du foyer volcanique actif de l'Italie.

Questionnaire. — 162. Qu'appelle-t-on tremblement de terre? Que peuvent nous annoncer les forts tremblements de terre? — 163. Quels sont les principaux tremblements de terre que vous pourriez citer? Parlez des plus importants et en particulier de celui de Lisbonne en novembre 1755. Quelle est la partie de la France où les tremblements de terre sont les plus fréquents? Pourquoi? — 164. Que savez-vous sur la distribution géographique des tremblements de terre? Quelles sont les régions de notre globe où les tremblements de terre sont les plus fréquents?

Vingt-neuvième leçon.

RICHESSE MINÉRALE DE LA TERRE
EXPLOITATION DES MINES

Ce que la terre renferme.

165. — S'il est juste de dire que l'eau vient de la mer et retourne à la mer, il n'est pas moins juste de dire : *tout vient de la terre et retourne à la terre.*

La terre, notre mère commune, notre mère nourricière, renferme dans son sein tout ce que nous pouvons imaginer pour nos besoins. S'il est des choses que nous paraissons tirer d'ailleurs, elle les renferme cependant aussi ces choses. Elle renferme jusqu'à la lumière et la chaleur, bien que nous disions qu'elle soit éclairée et chauffée par le soleil.

En parlant des matériaux de construction, nous avons vu qu'ils proviennent de la terre. Et de même pour les eaux minérales.

Lorsque les matières que nous voulons prendre à la terre se trouvent à sa surface, le travail n'est pas trop malaisé ; mais il est bien plus difficile lorsqu'elles sont enfouies à de grandes profondeurs, comme cela arrive pour la plupart. Il faut alors ouvrir des *carrières*, des *mines*.

Les *carrières* sont les endroits où l'on tire la pierre calcaire ordinaire, le marbre et la craie, le plâtre, le granit, la meulière, le grès, l'argile, l'ardoise, en un mot, ce que l'on désigne en général sous le nom de *matériaux de construction*, auxquels il faut ajouter les *matériaux servant à la confection et à l'entretien des routes.*

On les exploite le plus souvent à *ciel ouvert*, et s'il faut creuser des galeries souterraines, celles-ci sont alors situées à une assez faible profondeur au-dessous du sol.

Nous avons vu cela au commencement de notre programme.

Les *mines* sont des *carrières souterraines et profondes* desquelles on extrait le charbon de terre, les métaux, le sel, etc. Les produits qu'on en retire ne sont pas moins importants que ceux fournis par les carrières ordinaires.

Mais si dans tous les pays ou à peu près, on a des carrières qui fournissent des matériaux de construction, il n'en est plus ainsi pour les mines. Certains pays, certaines régions, sont favorisés à cet égard, tandis que d'autres n'en possèdent nullement.

Sans être pauvre en produits de mines, la France est cependant moins riche que quelques-uns des pays voisins.

Les mines de houille.

166. — La houille ou *charbon de terre* se trouve dans la terre (fig. 163).

Des ouvriers *mineurs* creusent dans la terre de grands trous appelés *mines*, pour extraire ce combustible.

Si on l'exploitait à ciel ouvert, comme la pierre de nos carrières, l'opération ne serait pas malaisée; mais, en général, il faut l'aller chercher à de grandes profondeurs, ce qui oblige les mineurs à creuser des puits immenses.

A mesure qu'ils descendent dans la terre, les ouvriers mettent des pièces de bois contre les parois du puits pour empêcher les éboulements. Arrivés aux couches de combustible, les mineurs percent de longues *galeries*, et en soutiennent le plafond et les côtés à l'aide de gros madriers. Ils laissent également, de place en place,

d'énormes pilliers de houille, plus solides que tous les autres.

On se contente souvent pour tous ces travaux de soutè-



Fig. 163. — Coupe d'un terrain renfermant de la houille. — Les bandes noires sont de la houille.

nement et de consolidation, d'un solide revêtement en troncs d'arbres écorcés, qu'on appelle *boisage* (fig. 164 à

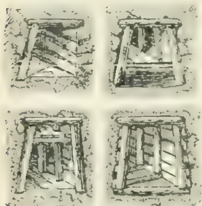


Fig. 164-167. — Galeries boisées.



Fig. 168-171. — Galeries muraillées.

167). Mais dans bien des cas, on revêt les galeries d'une muraille en maçonnerie comme les tunnels de chemins de fer (fig. 168 à 171).

Dans les mines très importantes, on établit de grandes galeries, de véritables tunnels, dans lesquels circule un chemin de fer pour le transport du charbon.

Une mine peut avoir plusieurs puits dont quelques-uns servent uniquement à renouveler l'air des galeries.

Dans un ou plusieurs de ces puits on installe un appareil destiné à descendre et remonter une sorte de cage, une énorme tonne appelée *benne* dans laquelle se placent les ouvriers pour aller à leur travail et en revenir. Cette *benne* sert également pour la houille.

Elle est suspendue à un câble qui s'enroule sur un tambour qu'une machine à vapeur met en mouvement.

C'est un *treuil*.

Origine et formation de la houille.

167. — On a longuement discuté sur l'origine de la houille; mais on s'accorde aujourd'hui pour dire qu'elle est le résultat de l'accumulation des végétaux des temps anciens.

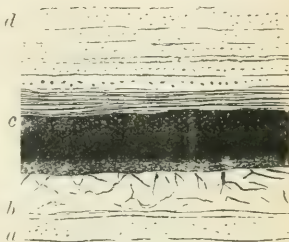


Fig. 172. — *c*, lit de houille: *d*, schistes du *toit*; *a*, grès, et *b*, argile du *mur* ou *sol*.

On peut suivre par des gradations insensibles la transformation du bois en houille, depuis les amas de bois à peine altéré jusqu'à la vraie houille.

Le passage de l'un à l'autre de ces deux états du charbon est fourni par les *lignites*.

La disposition des couches de houille dans des bassins ou dans des golfes a fait dire que ces accumulations de végétaux proviennent du charriage des végétaux entraînés par des cours d'eau.

Les couches, assez régulières (fig. 172), suivent la

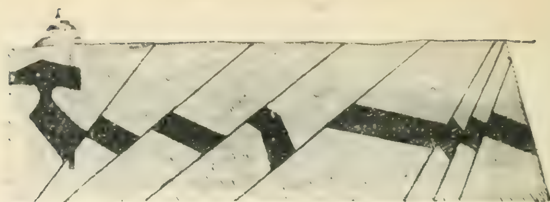


Fig. 173. — Dislocation d'une couche de houille par des failles (fig. théor.).

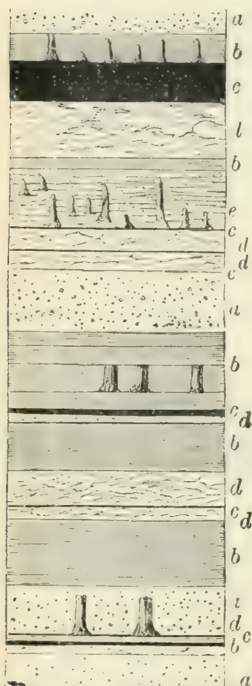


Fig. 174. — Coupe d'une houillère. — a, grès; b, e, schistes à végétaux; c, lit de houille d, veines d'argile (mur ou sol)

direction de celles des terrains qui les enserrent. Mais il arrive souvent que la couche de houille est disloquée (fig. 173).

Leur épaisseur varie de quelques centimètres à plus de 8 mètres. En général elle est de 1 à 2 mètres.

Dans quelques pays on a trouvé jusqu'à 60 couches de houille intercalées entre les couches des autres roches (fig. 174).

Il n'est pas rare de trouver sur des morceaux de houille, et plus souvent encore sur les roches schisteuses qui les enserrent, des débris de végétaux plus ou moins bien conservés en général, mais quelques-uns si bien conservés qu'on peut les reconnaître comme s'ils étaient vivants.

On trouve aussi des *tiges*, des *feuilles*, des *fruits*.

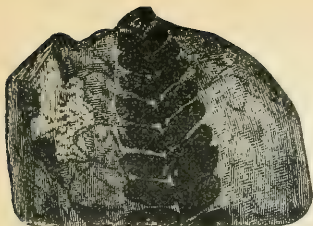


Fig. 175. — Schiste houiller avec feuille de Fougère.

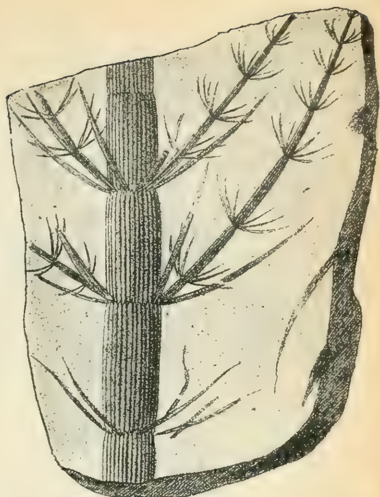


Fig. 177. — Astérophyllite sur un schiste.

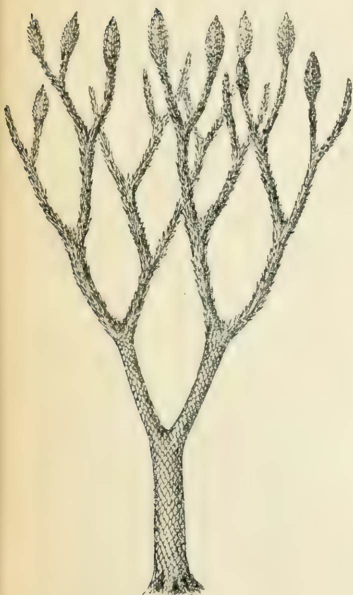


Fig. 176. — Lépidodendron avec épis sporifères.

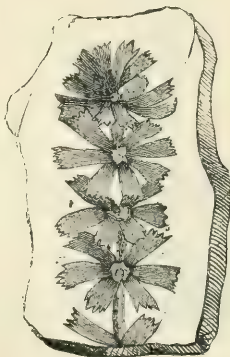


Fig. 178. — Sphénophylle, fougère. (grand. nat).



Fig. 179. — Tige de Calamite, réduite au 1/4 de sa largeur.

On rencontre principalement des *fougères*, des *prêles* ou *queues de cheval*, des *lépidodendrons*, des *calamites*.

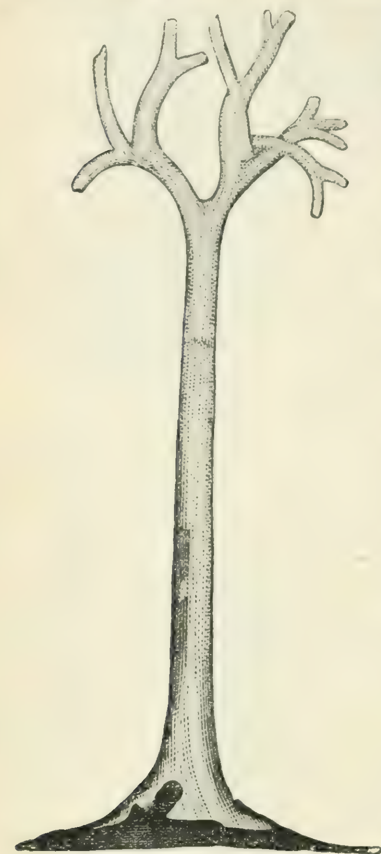


Fig. 180. — Tige de lépidodendron.

Ces plantes ainsi conservées dans le sol sont à l'état *fossile* : aussi les appelle-t-on des *fossiles* (fig. 175 à 180).

Les terrains qui renferment de la houille sont appelés *terrains houillers*.

Les pays houillers.

168. — L'Angleterre est, par excellence, le pays de la houille. Et c'est à ce précieux combustible que ce pays doit en grande partie sa prépondérance industrielle.

Quoique loin derrière l'Angleterre, la France est cependant assez riche en gisements houillers, et le travail des mines y a pris un grand développement depuis deux siècles.

Les deux principaux centres de l'exploitation houillière en France sont *Valenciennes* dans le département du Nord, et *Saint-Étienne* dans le département de la Loire.

La France possède des mines de houille sur un grand nombre d'autres points de son territoire; mais le défaut de communications faciles et économiques limite forcément leur exploitation. Espérons que les chemins de fer, les routes et les canaux que l'on établit partout, et la création d'industries dans ces pays, permettront un jour d'exploiter certains gisements sur une plus grande échelle.

Le bassin houiller français le plus considérable est le *bassin de Valenciennes*, comprenant les mines d'Anzin, de Denain et de Douai dans le département du Nord, et Lens dans le Pas-de-Calais.

Puis vient le *bassin de la Loire* avec une production moitié moindre, comprenant les mines de Rive-de-Gier et de Saint-Étienne dans le département de la Loire, et celle de Givors dans le département du Rhône.

Citons aussi, par ordre d'importance : le *bassin d'Alais*, dans le Gard, avec les mines de Bességes et de la Grand'-Combe; les *bassins du Creusot* et de Blanzy, dans le département de Saône-et-Loire; de Commentry dans l'Allier; d'Aubin dans l'Aveyron; de Carmaux dans le Tarn; de Decize dans la Nièvre, etc.

Le lignite. Le graphite.

169. — Le *lignite* (fig. 181) est un charbon plus récent que la houille. Il se trouve aussi dans la terre, mais généralement moins profondément que la houille. Sa couleur varie du noir foncé au brun roussâtre.



Fig. 181. — Jais ou jayet.

Le lignite n'a pas toujours le même aspect. Tantôt il est fibreux comme le bois dont il est formé, résistant, et

peut être travaillé à la scie et à la hache comme le vrai bois; tantôt il est compact, à cassure brillante et sert à faire des parures, boutons, etc. Il porte alors le nom de *jais* ou *jayet*. D'autres fois il est friable et même terreux.

Le lignite ordinaire brûle avec une grande flamme claire et donne peu de chaleur.

Le *graphite* est un charbon qui se rencontre en masses plus ou moins cristallines. Sa couleur est gris d'acier.

Comme il laisse une trace grisâtre sur le papier et se taille facilement, on l'utilise pour faire des crayons ordinaires.

On l'exploite surtout en Sibérie.

La tourbe.

170. — *La tourbe* (fig. 182) est un combustible qui se forme encore aujourd'hui dans certaines régions de la France, notamment dans la vallée de la Somme.

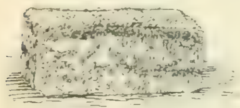


Fig. 182. — Morceau de tourbe.

Elle est légère, spongieuse et formée d'herbes que l'on reconnaît quelquefois facilement.

Elle donne beaucoup de fumée, et pour ce motif est peu commode pour les poêles et les cheminées; mais elle peut être employée avec avantage, attendu qu'elle est à bon marché, pour la cuisson des briques, des tuiles, des poteries, de la chaux, le chauffage des chaudières, etc.

Elle se carbonise facilement et donne un coke assez consistant qui produit une chaleur intense.

La tourbe se forme dans les *marais* par la décomposition de plantes spéciales à ce genre de sol, et qui y crois-

sent en abondance : *roseaux*, *joncs*, *prêles* ou *queues de cheval*, *sphaigne* (fig. 183).

Les *sphaignes* sont les plus grandes mousses de notre pays ; elles poussent activement, et forment un épais tapis de verdure qui couvre la surface du sol.

Toutes ces plantes des marais meurent à un moment donné, tombent dans la couche d'eau qui recouvre le sol, pourrissent et se décomposent.

Chaque année il se forme un dépôt de matière végétale qui, à la longue, constitue la tourbe. Celle-ci se forme d'autant plus vite que les sphaignes sont plus abondantes.



Fig. 183. — Sphaigne (Mousse).

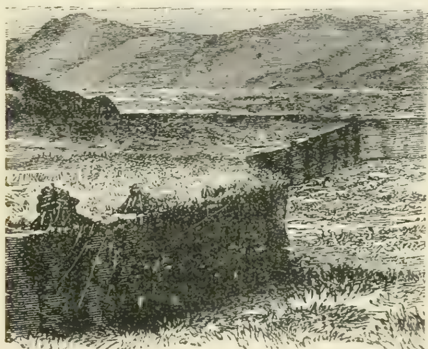


Fig. 184. — Tourbière en exploitation.

Les lieux où se trouve la tourbe sont appelés des *tourbières* (fig. 184).

Le pétrole. Les sources de pétrole. Puits de pétrole en Amérique.

171. — Le *pétrole* est très abondant dans certaines régions des États-Unis d'Amérique, où il suffit de creuser un puits de quelques mètres de profondeur pour en avoir à volonté.



FIG. 185. — Exploitation du pétrole en Amérique.

Dans le département de l'Hérault en France, il existe des sources de pétrole. Mais c'est principalement en Pensylvanie, dans l'Amérique du Nord, que ces sortes de sources sont abondantes.

A Autun, en France, dans le département de Saône-et-Loire, il existe des pierres composées de plaquettes appliquées l'une sur l'autre, qui renferment le pétrole comme la houille renferme le gaz d'éclairage et le goudron.

Ces pierres sont des *schistes* (fig. 25). On en extrait le pétrole en les chauffant fortement.

Dans le courant de l'été 1859, un nommé Drake entreprit dans sa ferme située sur le bord d'une rivière, à 28 milles de Meadville, le forage d'un puits pour avoir de l'eau.

A une profondeur de 23 mètres, on trouva, non pas l'eau qu'on cherchait, mais une *huile* abondante ; on la

recueillit à l'aide d'une pompe, et on la trouva de très bonne qualité.

D'autres puits (fig. 185), creusés dans le pays, donnèrent les mêmes résultats. On vit l'huile jaillir avec force d'un trou creusé dans le roc. Un puits eut par moments de véritables éruptions d'huile. Cette découverte a complètement transformé les bords paisibles de la rivière d'*Oil-Creek*, qui traverse un pays très pittoresque, mais alors presque inhabité.

Quelques mois suffirent pour changer la face du pays. Le puits le Drake fut ouvert en août 1859, et les plus importants datent de l'été 1860. On entreprit des forages de tous côtés. Pendant longtemps on ne vit partout que des charpentiers occupés à construire des huttes, des hangars et des granges qui ne tardèrent pas à faire place à une ville florissante.

Le nombre des puits atteignit promptement deux mille.

La profondeur à laquelle on rencontre l'huile varie de 10 à 130 mètres; la moyenne est de 50. A mesure qu'on recueille l'huile on la conduit au moyen de canaux jusqu'à d'immenses cuves qu'on a soin de placer à une assez grande distance du puits, précaution indispensable, en raison de l'excessive inflammabilité de l'huile.

Les incendies fréquents et d'affreux accidents ont fait à tous une loi de la prudence.

Questionnaire. — 165. Citez les matières principales que nous retirons de la terre. — 166. Comment extrait-on la houille? — 167. Quelle est l'origine de la houille? Comment s'est formée la houille? Comment sont disposées les couches de houille? Quelles plantes fossiles connaissez-vous des terrains houillers? — 168. Quel est le pays le plus riche en houille? Quels sont les principaux centres houillers de France? — 169. Que savez-vous du lignite et du graphite? — 170. Comment, de quoi et où se forme la tourbe? — 171. Où trouve-t-on le pétrole? Qu'est-ce que le pétrole? Que savez-vous des puits de pétrole d'Amérique?

Trentième leçon.

MINERAI. — MINES. — HAUT FOURNEAU. FONTE. — SEL GEMME

Les métaux. Le minerai. La mine.

172. — Les *métaux* sont nombreux; mais quelques-uns seulement nous sont particulièrement utiles. Les plus *usuels* sont : le *fer*, le *cuivre*, l'*or*, l'*argent*, le *plomb*, l'*étain*, le *zinc*, le *nickel*, qui est beaucoup employé depuis quelques années, puis le *platine*.

Le fer se trouve dans la terre, il fait partie de certaines roches, généralement rougeâtres, nommées *minerai*.

Il en est ainsi de presque tous les métaux. Il y a donc des minerais de fer, de cuivre, de plomb, etc., que l'on tire presque tous de grandes carrières appelées *mines*.

Les *mineurs* détachent les blocs au moyen du pic, puis les chargent sur de petits wagons que l'on roule hors de la mine.

Celle-ci se trouve parfois à une grande profondeur; les ouvriers creusent alors un puits par lequel on montera le minerai dans de grands seaux ou *bennes*, attachés à une longue corde qui s'enroule sur un treuil. C'est par ce puits que les ouvriers descendent dans la mine et en remontent. C'est comme dans les mines de houille.

La France possède des mines de fer en Normandie, en Lorraine, en Franche-Comté, etc.

Triage du minerai. Haut fourneau.

173. — Retiré de la mine, le minerai de fer a souvent besoin d'être trié, car avec les pierres riches en métal, il s'en trouve qui en renferment très peu.

Le triage consiste donc à séparer les pierres riches en métal de celles qui en sont pauvres.

Quelquefois même on broie le minerai avant de le soumettre au feu.

Pour retirer le fer de son minerai, il faut soumettre celui-ci à l'action de la chaleur.

Pour cela, on le met dans un grand four, haut de 15 à 20 mètres et qu'on appelle un *haut fourneau* (fig. 186), plus large au milieu qu'aux deux extrémités.

Il est construit en briques *réfractaires*, ainsi nommées de ce qu'elles ont la propriété de résister aux températures les plus élevées sans se fondre ni se fendiller.

L'ouverture supérieure se nomme *gueulard* et la partie inférieure présente une sorte de bassin appelé *creuset*.

On allume d'abord du charbon dans un fourneau situé à la partie inférieure, puis, lorsqu'il est suffisamment *pris*, on charge le *haut fourneau*.

Charger le haut fourneau c'est introduire par le *gueulard*, d'abord une couche de charbon de bois, de houille sèche, de coke ou de bois sec, puis une couche de *minerai*, et enfin une couche d'une matière dite *fondant*, dont la nature varie suivant celle du minerai.

Le *fondant* est appelé *castine* s'il est de nature calcaire, *erbue* s'il est de nature argileuse.

Et l'on continue le *chargement* du haut fourneau jusqu'à ce qu'il soit entièrement rempli de couches alternatives de *combustible*, de *minerai* et de *fondant*.

On active la combustion en lançant, au moyen de puis-

santes *machines soufflantes*, un violent courant d'air par la partie inférieure du *haut fourneau*.

Le minerai fond, et le fer mélangé à un peu de charbon

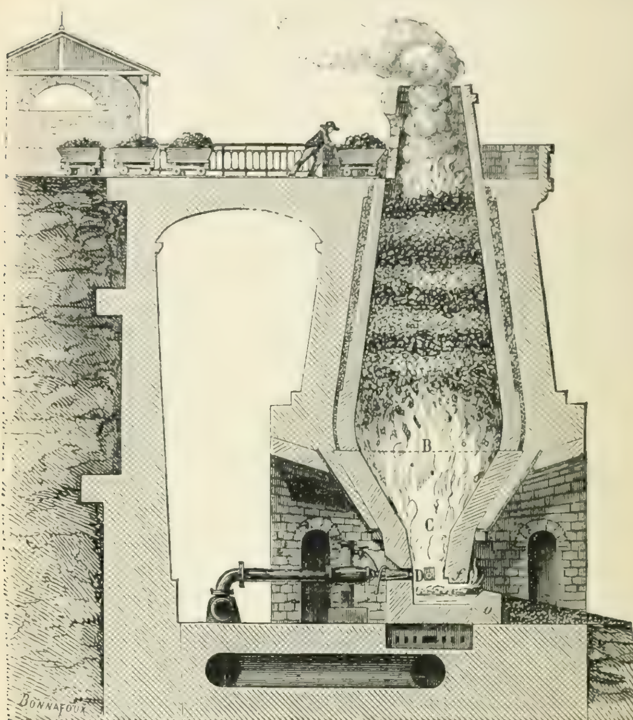


Fig. 186. — Haut fourneau.

tombe sous le nom de *fonte* dans le *creuset* situé à la partie inférieure, tandis que les matières étrangères plus légères que la *fonte* nagent à sa surface sous le nom de *laitier*. Quand celui-ci arrive au *creuset*, on le fait couler

par une ouverture pratiquée au-dessus d'une plaque en fonte appelée *dame*.

Si l'opération est bien conduite, les laitiers ou *scories* contiennent une quantité insuffisante de fer.

Quand le creuset est suffisamment plein, on en fait

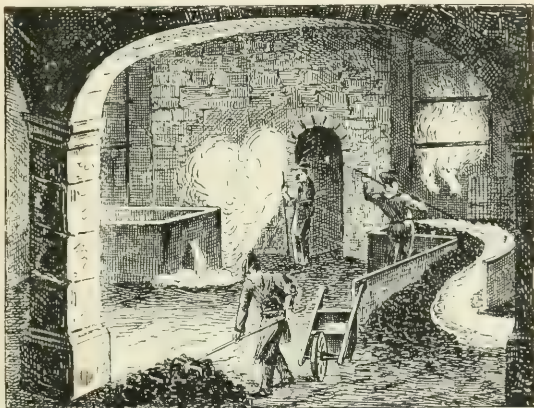


Fig. 187. — Coulée de fonte.

sortir la fonte par une ouverture particulière, qui la conduit dans des moules de sable : ces masses de fonte sont appelées *gueuses*.

La figure 187 montre la coulée de fonte.

La *fonte*, qui s'accumule dans le creuset, est une combinaison de fer et de charbon.

Elle est employée à faire certains objets tels que des balcons, des poêles, de gros tuyaux pour la conduite de l'eau et du gaz sous terre, des grilles, des colonnes.

Si l'on veut employer la fonte à la fabrication d'objets plus délicats, comme des candélabres, par exemple, il faut la fondre à nouveau.

Filons métallifères.

174. — La paroi des bassins qui reçoivent les eaux thermales se revêt de substances métalliques variées.

De semblables dépôts tapissent aussi les fentes des



FIG. 188. — Roche calcaire et filons de minerai métallique.

roches par où s'échappe l'eau thermale, en diminuent peu à peu la largeur, et finissent par les combler. On a ainsi des *arborescences métalliques* auxquelles on a donné le nom de *filons métallifères*.

On comprend aisément que les terrains sédimentaires et stratifiés, à peu près dépourvus de métaux dans leur

composition, peuvent être traversés par des filons de matières bien différentes de celles qui les constituent.

La fig. 188 montre la coupe d'une roche calcaire remplie de filons métalliques.

Pays minéralifères.

175. — Nous donnerons ici un tableau des principaux gisements des métaux les plus usuels.

1° *Minerais de fer.* — Le fer est le métal le plus répandu dans le monde. Aussi est-il le métal précieux par excellence. On le trouve à l'*état natif* dans les *météorites* dont il forme la presque totalité; mais ce n'est point là une mine importante.

L'*oxyde de fer magnétique* qui dévie l'aiguille aimantée est en cristaux cubiques ou en masses compactes, grenues, noires. Il laisse une trace noire sur le papier.

On le trouve surtout en Suède, en Norvège, en Russie, en Saxe, dans le Piémont et le Tyrol, en Sardaigne, en Algérie à Mokta-el-Hadid, près Bône, au Canada et aux États-Unis.

Le *fer oligiste* en cristaux ou en masses cristallines se rencontre en France à la Voulte et à Privas dans le département de l'Ardèche, à l'île d'Elbe, en Saxe, dans le Hartz et en Westphalie, etc.

La France possède abondamment du minerai de fer moins pur que les précédents, mais non sans valeur, et connu, suivant son aspect, sous les noms de minerai de fer *oolithique* ou *pisolithique* quand il est en masse concrétionnée; puis, quand il est en masse terreuse, qu'utilise la peinture, sous les noms d'*ocre jaune*, *terre de sienne*, *terre d'ombre*, etc.

La *sidérose*, ou *carbonate de fer spathique*, à éclat vitreux, d'une couleur blanc jaunâtre ou rouge, se trouve en France à Allevard et à Vizille dans l'Isère; à Saint-Georges-d'Hurtières, en Savoie; à Saint-Étienne; dans l'Aveyron, les Pyrénées, l'Ille-et-Vilaine, et à Anzin, département du Nord; puis en Angleterre dans la presqu'île de Cornouailles et le pays de Galles; en Allemagne dans le *Hartz* ou *Harz*.

La France exploite le minerai de fer dans 42 départements. Son rendement annuel dépasse 2 600 millions de kilogrammes.

Le gisement de Mokta-el-Hadid, en Algérie, en fournit annuellement à lui seul 350 millions de kilogrammes.

2° *Minerais de cuivre*. — Le cuivre se rencontre sur presque tous les points du globe à l'*état natif*, parfois en masses considérables. C'est ainsi qu'on le rencontre en grains isolés ou en lamelles ou masses compactes, au milieu des autres minerais de cuivre du lac Supérieur en Amérique.

Le Chili exporte du cuivre natif mélangé à du sable quartzeux dans la proportion de 60 à 85 p. 100.

L'Australie exploite un minerai de cuivre abondant chez elle, le *cuivre oxydulé* ou *oxyde rouge*.

Le *carbonate de cuivre*, dit *malachite verte*, se trouve dans l'Oural et en Australie. La France possédait autrefois à Chessy, près de Lyon, une mine d'*azurite*, autre carbonate de cuivre; mais elle est épuisée.

Les *sulfures de cuivre* aujourd'hui exploités sont : le *cuivre gris*, extrait dans le Cornwall en Angleterre; le *cuivre pyriteux* ou *minerai jaune* très abondant surtout en Angleterre dans le Cornwall et le Devonshire, en Espagne à Rio-Tinto et à Huelva, dans l'île de Cuba et dans l'Amérique du Sud.

La seule mine de cuivre aujourd'hui importante en France est celle de la *Prugne* dans l'Allier.

Le minerai que la France exploite lui vient de Aïn-Barbor au nord-ouest de Bône en Algérie, du Chili et du lac Supérieur.

3° *Minerais de plomb.* — Le *minerai de plomb* le plus important est la *galène* ou *sulfure de plomb*, à l'éclat métallique, gris d'argent, cristallisé en cubes ou en octaèdres. Sa densité est 7,5. Elle contient jusqu'à 1 p. 100 d'argent.

On l'exploite en France à Poullaouen et à Huelgoat dans le Finistère, à la Croix-aux-Mines dans les Vosges, à Vialas dans la Lozère, à Pontgibaud dans le Puy-de-Dôme, à Villefranche dans l'Aveyron, à l'Argentière dans l'Ardèche, à Pizey en Savoie, puis en Algérie.

D'autres minerais de plomb sont exploités en Écosse, en Cornouailles, dans le Harz, dans la province de Nassau en Allemagne.

Mais les pays où l'exploitation des gisements plombifères a le plus d'importance, sont l'Espagne, la Sardaigne et les États-Unis.

4° *Minerais de zinc.* — Les *minerais de zinc* les plus importants sont le *sulfure de zinc* ou *blende* et la *calamine*.

La *blende* est transparente ou opaque. Elle cristallise en cubes et présente un très bel éclat. Elle est jaune, rouge, brune ou noire.

Les plus riches gisements de *calamine* sont à la Vieille-Montagne, en Belgique; à Bleiberg, en Carinthie; en Silésie; à Malfidano, en Sardaigne; à Santander, en Espagne; dans l'Altaï, etc.

A Chessy, dans le Rhône, on trouve un minerai de zinc, de cuivre et de calcium.

5° *Mines d'étain.* — L'*étain* ne se trouve dans la nature qu'oxydé ou combiné avec le soufre. C'est du premier de ces deux états qu'on l'extrait le plus souvent. On broie et on lave soigneusement le minerai, puis on le calcine avec du charbon, qui isole le métal en s'emparant de l'oxygène : le métal tombe au fond du vase dans lequel se fait la calcination.

Tout l'étain employé en France provient d'Angleterre, comté de Cornouailles et de l'île de Banca, de la presqu'île de Malacca qui fournit le plus pur. La France en possède des *filons* insignifiants en Bretagne et dans le Limousin.

6° *Mines d'or.* — L'or se trouve fréquemment dans la nature à l'*état natif*. On le rencontre disséminé dans les sables sous forme de poussière ou poudre, ou en petits morceaux de forme irrégulière, appelés *pépites d'or*. Certaines roches siliceuses en contiennent des *paillettes* ou des *pépites* incrustées dans leur masse.

On peut dire que l'or est *rare* et *commun* : *rare* en ce sens qu'on en trouve peu à la fois, commun parce que presque tous les sables en renferment. Mais il y est en si petite quantité qu'il ne payerait pas les frais si l'on voulait l'en extraire.

Les principales mines d'or sont celles de Californie, du Pérou, d'Australie; puis celles de la Guyane Française et du Transvaal. Ces dernières ont sans doute été l'une des causes de l'horrible guerre que les Anglais firent aux Boers en 1900, 1901 et 1902.

Le procédé d'extraction de l'or est très simple. On lave, en l'agitant dans l'eau, le sable qui le renferme. Et comme la densité de l'or est 19, et celle du sable, 7 ou 8, il tombe plus vite au fond, et le sable reste dessus.

On enlève celui-ci. En répétant plusieurs fois l'opération, on arrive à séparer à peu près toute la poudre d'or.

Si, comme nous l'avons dit, l'or est enfermé dans une roche siliceuse, on la broie pour la réduire en un sable que l'on soumet à l'opération du lavage.

Les rivières *aurifères*, c'est-à-dire roulant de l'or au milieu de leurs sables sont le Pô, en Italie, le Tage en Portugal, et en France, l'Hérault, le Gardon (l'un des deux ruisseaux qui, réunis, forment le Gard), le Doubs, la Garonne, l'Ariège et le Rhône.

On peut aussi citer le Pactole, rivière d'Asie-Mineure, en Lydie, célèbre dans l'antiquité.

7° *Mines d'argent.* — Les mines d'argent sont assez rares; mais ce métal se trouve souvent dans le minerai de plomb, dit *minerai de plomb argentifère.*

Les mines d'argent les plus riches sont celles du Mexique, du Pérou, du Chili, des États-Unis et de la Colombie, en Amérique; puis viennent celles de Hongrie, de Russie, de Norvège, de Saxe et de Bohème, en Europe.

La France possède quelques *filons* de plomb argentifère à Poullaouen et à Huelgoat dans le Finistère; à Vialas et à Villefort, dans le Gard; à Pont-Gibaud, dans le Puy-de-Dôme; à Allemond, dans l'Isère.

Le département de l'Isère possède aussi des roches qui renferment de l'*argent natif.*

Mines de sel gemme.

176. — Nous avons vu que le *sel* existe en plus ou moins grande quantité en dissolution dans les eaux de la mer. Mais on le trouve aussi dans la terre sous la forme solide; c'est le *sel en pierre* ou *sel gemme.*

Le *sel gemme* s'extrait par les mêmes procédés que

la houille et les autres minéraux. Il faut encore ici que les ouvriers jouent du pic et de la pelle.

Ce minéral forme des bancs dans les terrains de sédiment. Mais pour qu'il se conserve, il faut qu'il soit protégé contre l'action de l'eau qui a la propriété de le dissoudre comme chacun le sait. Aussi le trouve-t-on toujours au milieu de couches d'argile ou de marnes argileuses, et par conséquent imperméables à l'eau.

Mais si les eaux souterraines rencontrent des couches de sel gemme, elles en dissolvent une certaine quantité et arrivent au jour sous le nom de *sources salées*, qu'on utilise parfois.

Bien pur, le sel gemme est très dur et d'une transparence parfaite; mais on le trouve rarement à cet état. Le plus beau que l'on connaisse est fourni par les célèbres mines de Wieliczka, en Pologne (fig. 189). Celui des mines de France est en masses grisâtres, presque transparentes, ou en blocs d'apparence fibreuse et d'une teinte rougeâtre.

Au sortir de la mine, le sel gemme pur n'a besoin de subir aucune préparation; mais il est le plus souvent mélangé de matières étrangères dont il faut le débarrasser.

Alors on le fait dissoudre dans l'eau. Il se forme au fond du liquide un dépôt des matières étrangères qu'il contient, et auxquelles il doit souvent d'être coloré en violet, en jaune, en bleu, etc. On fait ensuite évaporer en chauffant dans de grandes chaudières : l'eau s'en va et le sel se dépose au fond du vase à l'état de cristaux parfaitement blancs.

La plupart des *salines* de France ont été envahies par les eaux. Il s'est ainsi formé d'énormes masses d'eau salée que l'on extrait au moyen de pompes, et que l'on traite ensuite comme on vient de le dire.

C'est d'ailleurs le procédé employé pour les eaux des sources salées, quand elles sont riches en sel.

Si ces eaux sont pauvres en sel, on construit des *bâtiments de graduation*.



FIG. 189. — Intérieur d'une mine de sel gemme.

Ce sont de vastes hangars sous lesquels on place des tas réguliers de fagots d'épines. Des pompes élèvent l'eau et la versent sur les fagots, à travers lesquels elle coule pour se rendre dans des canaux établis au niveau du sol. Traitée ainsi, comme elle présente une grande surface à

l'air, il s'en évapore une partie et celle qui reste est plus salée, plus *concentrée*. On achève l'évaporation dans des vases en fer sur le feu. Il reste un sel gris impur, que l'on fait dissoudre dans une eau que l'on filtre pour la faire évaporer comme il a été dit plus haut.

Gisements de sel gemme. Sources salées.

177. — Il existe des *mines de sel gemme* dans presque tous les pays. Les plus importantes hors d'Europe sont celles du Pérou et du Chili. L'Europe en compte un certain nombre dont les principales sont celles de *Wieliczka*, dans l'ancienne Pologne, non loin de Cracovie; de Norwich, en Angleterre, et de Cardono en Catalogne.

Les plus célèbres sont celles de Wieliczka. Elles se composent de quatre étages d'immenses galeries dont les plus basses sont à 400 m. au-dessous du niveau du sol. Chaque année, 2 000 ouvriers en retirent 750 000 000 de kilogrammes de sel. Mais le dépôt est si considérable qu'il ne semble pas s'épuiser, bien que l'exploitation dure depuis plus de soixante ans.

En France, les bancs de sel gemme se trouvent dans l'Est, où plusieurs villes portent des noms qui rappellent le voisinage de *salines* : *Salins*, Lons-le-Saunier, etc.

Les principales exploitations sont celles de Vic et de Dieuze, dans la partie de la Lorraine perdue en 1871, celles de *Varangéville* dans la Meurthe-et-Moselle, de Salins et de Montmorot, dans le département du Jura, d'Arc, dans le Doubs, de Gouhenans, dans la Haute-Saône, etc. On en trouve aussi à Orthez dans les Hautes-Pyrénées, dans les Ardennes, et dans d'autres départements.

Il y a des sources salées dans tous les pays. Elles sont abondantes dans toute l'Allemagne.

En France, on connaît celles de Sausses et de Moriez dans les Basses-Alpes; de Saulnot dans la Haute-Saône, de Salins, de Montmorot et de Lons-le-Saunier, dans le Jura; d'Arc, dans le Doubs, etc.

Questionnaire. — 172. Quels sont les métaux usuels? Sous quel état trouve-t-on les métaux en général? — 173. Comment retire-t-on le fer du minerai? Qu'est-ce que la fonte? — 174. Qu'est-ce qu'un filon métallifère? — 175. Citez les principaux minerais qui donnent les métaux usuels? Où trouve-t-on ces divers minerais? — 176. Qu'est-ce que le sel gemme? Où y a-t-il du sel gemme en France? Comment traite-t-on le sel gemme? — 177. Quels sont les principaux gisements de sel gemme? Où y a-t-il des sources salées?

Trente-et-unième leçon.

LA TERRE VÉGÉTALE. — SA FORMATION. — MOYENS DE L'AMÉLIORER

Le sol. — Formation de la terre arable.

Le sol, c'est la patrie ; améliorer l'un c'est servir l'autre.
[illegible]

L'AGRICULTURE. Voilà pour la France les vraies mines et trésors du Pérou.
SULLY, ministre de Henri IV.

178. — L'*agriculture est l'art de cultiver les champs, l'art de tirer de la terre la plus grande quantité possible de produits utiles à l'homme, avec économie, et tout en conservant au sol sa force productrice.*

En agriculture, on entend par *terrain, sol, couche végétale* ou *terre arable*, la couche superficielle de la terre, remuée par la charrue, et dans laquelle s'enfoncent les racines des plantes. Elle se compose en général de quatre substances fondamentales :

Le *sable*, l'*argile*, le *calcaire*, et l'*humus* ou *terreau*. Ce dernier est formé de débris de plantes.

Le sol renferme aussi bien souvent des débris d'animaux. L'humus seul peut produire d'abondantes récoltes, mais chacune des autres matières fondamentales, si elle est seule, est stérile, c'est-à-dire incapable de fournir aux plantes une nourriture suffisante.

Voyons comment s'est formée et se forme encore tous les jours la *terre arable*.

La *couche végétale* est formée principalement de roches désagrégées.

Ces roches sont surtout désagrégées par l'action de l'eau, de l'air, du froid et du chaud.

Lorsqu'on trempe l'extrémité d'un morceau de sucre dans l'eau, le vin, le café, ou tout autre liquide, le sucre se trouve mouillé non seulement à la partie trempée dans le liquide, mais encore à la partie non trempée.

C'est que le sucre est criblé de petites cavités dans lesquelles l'eau pénètre. On appelle ces trous ou cavités des *pores*, et l'on dit que le sucre est *poreux*. Il en est ainsi de certaines pierres : elles sont *poreuses*. L'eau de pluie les pénètre comme un morceau de sucre. L'eau qui a pénétré dans la pierre se gèle en hiver, augmente de volume et brise cette pierre, qui se réduit en parties de plus en plus fines, en poussière, et cette poussière devient ce que nous appelons de la terre.



Fig. 190 — Le bouchon de la bombe est parti.

Pour montrer la force produite par la gelée, on peut rappeler les expériences faites à Québec par le major William. Il remplissait d'eau des bombes de 35 centimètres de diamètre et de 10 centimètres d'épaisseur, fermait la lumière de ces bombes avec un bouchon solidement enfoncé et les exposait à la gelée.



Fig. 191. — La bombe a éclaté.

Dans l'une (fig. 190), le bouchon fut lancé à plus de 100 mètres, et un cylindre de glace de 22 centimètres sortit par l'ouverture.

Dans l'autre le bouchon résista, et la bombe fut fendue circulairement, et une lame de glace sortit par la fente (fig. 191).

Ce n'est pas la seule manière dont l'eau contribue à la formation de la terre arable. Ainsi que nous l'avons déjà

vu, l'eau de pluie, en coulant à la surface du sol, travaille aussi fortement à détruire les roches.

L'air joue aussi un certain rôle dans la désagrégation des roches. Il pénètre dans leurs fissures, se *dilate*, c'est-à-dire augmente de volume sous l'action de la chaleur, et arrive ainsi à les désagréger.

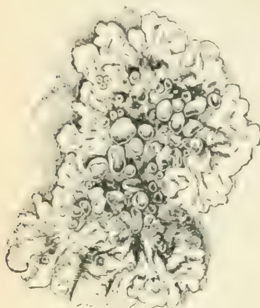


Fig. 192 .— Lichen.







Fig. 193-194. — Mousse, funaire.

Vous devez comprendre que les roches tendres, les calcaires, par exemple, se désagrègent plus facilement que les roches dures, comme la meulière et le granit.

Une autre cause de la formation de la couche arable est

due à des plantes curieuses, à la croissance desquelles l'eau et l'air sont encore indispensables.

Ce sont des *lichens* (fig. 192).

Les lichens désagrègent la surface de la roche par des racines ou plutôt des crampons qui s'insinuent dans les pores de cette roche.

Les débris de la roche forment une première couche mince qui s'augmente des débris des lichens et de la poussière apportée par le vent.

D'autres plantes, telles que des *mousses* (fig. 193, 194), végètent ensuite sur ce commencement de terre arable, la couche va ainsi s'épaississant et finit par être une terre cultivable.

Mais tout cela exige un temps assez long, car la couche de terre arable n'est suffisamment épaisse que lorsque plusieurs générations de plantes se sont succédé en laissant chacune une partie de leurs débris.

Les débris de plantes et d'animaux qui s'ajoutent aux parties désagrégées de la roche constituent l'*humus* que nous connaissons déjà.

La décomposition des roches est l'origine de tous les sols.

Nature du sol.

> La terre n'est jamais ingrate : elle nourrit de ses fruits ceux qui la cultivent, et ne refuse ses biens qu'à celui qui refuse de lui donner ses peines.
>
> FÉNELON

179. — Les terres cultivables sont loin d'avoir toutes la même composition et de posséder les mêmes qualités. On peut les diviser en un grand nombre de catégories ; mais nous citerons d'abord les quatre plus communes.

1° *Les terres sableuses* ou *légères* ;

2° *Les terres calcaires* ou *chaudes* ;

3° *Les terres argileuses* ou *fortes*, ou *terres froides* ;

4° *Les terres franches*, composées d'un mélange convenable de sable, de calcaire et d'argile.

A ces quatre catégories de terre, nous pouvons en ajouter une cinquième, toujours d'une très grande fertilité : les *terres d'alluvion*, auxquelles le sol de la Basse-Égypte doit sa fertilité. Elles sont formées par l'accumulation des *vases* et *matières terreuses* déposées par l'eau, au moment des inondations, sur les terrains bas, situés près des cours d'eau.

Les terres d'allavion ou *sols limoneux* conviennent à toutes sortes de cultures, notamment à celle du blé.

Les plus productives, en général, avec les terres d'alluvion assez profondes, sont les terres franches, car elles conviennent à toutes les plantes.

Celles des trois premières catégories ont chacune leurs défauts et leurs qualités.

Un proverbe dit : « *Il n'y a pas de mauvaises terres, mais seulement de mauvais cultivateurs* ».

Ce proverbe n'est pas si faux qu'on pourrait le croire ; car des cultivateurs instruits et intelligents sont arrivés à rendre productives des terres jusque-là considérées comme stériles.

Cependant, il y a des terres vraiment stériles et qui défient toute culture.

Si le sol n'est pas productif par lui-même, il peut le devenir par les engrais et les amendements, dont nous parlerons plus tard.

Les *terres sableuses* et *légères* ont l'avantage de pouvoir être travaillées à peu près dans toutes les saisons ; mais elles ont l'inconvénient de se dessécher vite aux premières chaleurs du printemps et surtout en été. On les nomme encore *terres siliceuses*.

Une bonne terre légère est très avantageuse, car la culture en est facile.

Les *sols calcaires* ont aussi la propriété de s'échauffer vite au printemps et par conséquent de donner des produits hâtifs; mais les fortes chaleurs fatiguent souvent les plantes que l'on y cultive.

On les appelle encore des *terres chaudes*.

Les *sols argileux* s'échauffent difficilement au printemps, se refroidissent vite à l'automne, mais leurs récoltes résistent généralement bien aux fortes chaleurs. Ils ont aussi l'inconvénient d'exiger beaucoup de force pour être travaillés, et de se fendiller sous l'action des rayons du soleil.

Un sol est dit *argilo-calcaire* quand il est formé d'un mélange d'argile et de calcaire, et *silico-calcaire* s'il est composé de silice ou sable et de calcaire.

Un sol profond est souvent préférable à tout autre.

Du sous-sol.

180. — Le sous-sol est la couche de terre située immédiatement au-dessous du sol, c'est-à-dire de la couche arable.

Le cultivateur doit se rendre compte de la nature du sous-sol comme de celle de la couche arable.

Comme celle-ci, le sous-sol peut être *calcaire*, *argileux*, *sableux*, *argilo-calcaire* ou *silico-calcaire*; mais, dans tous les cas, il est nécessaire qu'il soit *perméable*.

S'il arrête l'eau, il est *imperméable* : ce qui arrive quand il est fortement argileux. L'eau nuit alors au développement des plantes, en faisant pourrir leurs racines.

Si la couche arable n'est pas d'une grande épaisseur,

on peut la rendre plus profonde en entamant peu à peu le sous-sol avec la charrue. Ce travail prend le nom de défoncement.

Questionnaire. — 178. Qu'est-ce que l'agriculture? Qu'est-ce qu'on entend par terrain, sol, couche arable ou végétale en agriculture? De quoi est formée la couche arable? Comment se forme-t-elle? Quels sont les premiers végétaux qui s'emparent du sol? — 179. Quelles sortes de terres connaissez-vous? Quels sont les avantages et les inconvénients de chacune de ces sortes de terres? — 180. Qu'appelle-t-on sous-sol en agriculture? Quelles sortes de sous-sols connaissez-vous?

Trente-deuxième leçon.

DRAINAGE. — IRRIGATION. — COLMATAGE

Drainage.

181. — Nous avons vu que le sol et le sous-sol n'ont pas toujours les qualités désirables. Mais on peut les modifier de diverses manières, notamment par le *drainage* et l'*irrigation*.

Le drainage est une opération qui consiste à débarrasser le sol d'une trop grande quantité d'eau.

On draine un terrain dont le sous-sol est imperméable.

Autrefois, pour drainer un terrain, on se bornait à creuser, de distance en distance, des fossés plus ou moins larges et plus ou moins profonds par lesquels l'eau s'écoulait.

On fait encore ainsi, de nos jours, dans quelques pays, pour mettre en culture des sols marécageux. Mais ce procédé a le défaut d'enlever à la culture une partie du sol.

Plus tard on a imaginé de combler ces fossés en mettant au fond de grosses pierres que l'on recouvre ensuite d'une couche de terre végétale suffisamment épaisse pour



Fig. 195. — Deux tuyaux ou drains unis par un manchon.

que les pierres ne gênent pas la marche de la charrue ou des autres instruments aratoires. Ce procédé est encore employé de nos jours; mais il tend à disparaître.

Enfin, on a eu l'idée de poser au fond des fossés des tuyaux nommés *drains* (fig. 195), faits de la même espèce

de terre que les pots à fleurs, et destinés à recevoir l'eau du champ pour la conduire plus loin.

L'action d'enlever au sol l'excès d'eau qu'il contient se nomme encore *dessèchement*.

Travaux de drainage.

182. — Les travaux à exécuter pour le drainage comprennent trois opérations distinctes :

1° Le *creusement des fossés*;

2° La *pose des tuyaux*;

3° Le *remplissage des fossés*.

A ces trois opérations, nous pourrions en ajouter une quatrième qui, lorsqu'on la pratique, doit être faite la première : c'est le *nivellement* qui indique les pentes.

On creuse ces *fossés* ou *tranchées* (fig. 196 et 197) aussi étroits que possible, à une profondeur variant de 1 mètre à 1 m. 50, et on en aplanit le fond.

On pose ensuite les tuyaux ou *drains* que l'on joint deux à deux par un court tuyau nommé *manchon* (fig. 195).

Les drains sont cylindriques à l'extérieur comme à l'intérieur, et parfois munis d'un talon que l'on fait reposer sur le fond de la tranchée.

Les drains posés, on procède au remplissage de la tranchée, soit avec la terre enlevée en creusant, soit au moyen de pierres (fig. 197) préalablement transportées sur le champ à drainer, et ceci jusqu'à une distance telle de la surface du sol que la charrue ne les atteigne pas. On achève de remplir avec la terre végétale que l'on a eu soin de mettre en réserve pour cet usage.

Les tuyaux sont de différentes grosseurs. Les drains ordinaires, ceux qu'on répand par tout le champ, doivent avoir de 3 à 4 centimètres de diamètre intérieur; leur longueur varie de 30 à 40 centimètres.

Le drain *collecteur* qui reçoit l'eau des tuyaux ordinaires doit être beaucoup plus gros, et proportionné à l'étendue du terrain dont il reçoit les eaux.

L'espacement des fossés dépend de la nature du terrain. Dans les conditions ordinaires, les tuyaux de 3 à 4 centimètres de diamètre doivent être espacés de 8 à 16 mètres, et la pente doit être de 5 à 10 millimètres par mètre.

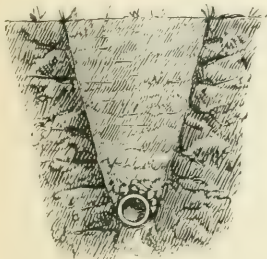


Fig. 196. — Tranchée avec drain au fond.

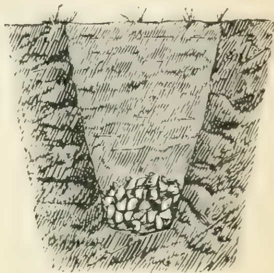


Fig. 197. — Tranchée avec pierres au fond.

Les tuyaux se bouchent quelquefois, mais on a la précaution de ménager, de distance en distance, des *regards*, ouvertures verticales, semblables à de petits puits, qui permettent de juger de l'écoulement des eaux. On se sert pour cela de tuyaux s'encastrant par l'extrémité inférieure, dans les drains couchés au fond des tranchées. La partie supérieure est recouverte d'une pierre plate.

Si quelques-uns ne débitent pas d'eau pendant que ceux d'à côté en débitent, on doit supposer qu'ils sont obstrués, et c'est de leur côté que doivent être dirigées les recherches.

Les drains placés trop près de la surface du sol, dans le voisinage des haies ou des bois, sont souvent envahis par les racines des arbres ou des arbrisseaux.

Ces racines traversent les parois et croissent à l'inté-

rieur. Les moindres parcelles de terre se fixent autour, et le tout forme un véritable barrage qui arrête l'eau.

Il est aussi indispensable de poser un grillage au débouché du drain collecteur, car autrement les *rats*, les *souris*, les *mulots*, s'y introduiraient, s'y noieraient et mettraient obstacle à l'écoulement des eaux.

Mais comment reconnaît-on qu'un terrain a besoin d'être drainé? me direz-vous.

A plusieurs caractères, mais principalement à ce qu'il reste à sa surface des flaques d'eau plusieurs jours après que la pluie a cessé. Les plantes sont souffreteuses, poussent lentement, et jaunissent par le bas longtemps avant leur maturité.

D'autres plantes comme les *joncs*, les *prêles* ou *queues de cheval*, les *renoncules*, etc., s'emparent du sol, et détruisent celles que l'on y cultive.

Irrigation.

183. — L'*irrigation* est l'opération contraire du drainage; elle consiste à donner au sol l'eau qui lui manque.

On creuse dans la prairie, au bord de la rivière, des *rigoles* dans lesquelles l'eau de la rivière coule, pénètre dans la terre en répandant partout la fraîcheur.

C'est à l'irrigation que la Normandie, si justement réputée par ses gras pâturages, doit une grande partie de sa richesse.

Au moyen de vannes ou portes disposées de distance en distance, on fait monter l'eau à la hauteur nécessaire pour qu'elle puisse passer dans les rigoles pratiquées dans toutes les directions. On parvient ainsi à arroser une partie du sol qui, autrement, n'aurait pas une quantité d'eau suffisante.

L'action de donner au sol l'eau dont il a besoin pour

que les plantes y prospèrent, s'appelle, vous le savez, *arrosage*, *arrosement*. Mais on dit *irrigation* quand on opère sur une grande étendue.

Il n'est pas partout également facile de pratiquer l'irrigation. Il est même très difficile, sinon impossible, d'amener l'eau dans certains endroits, à moins de faire des dépenses considérables. Si la dépense doit excéder le profit qu'on espère en retirer, le mieux est d'y renoncer.

On fait arriver l'eau dans la partie supérieure du champ ou du pré, ce qui n'est pas toujours facile.

Vous vous rappelez comment Riquet, celui qui eut l'heureuse idée d'établir un canal pour relier la Méditerranée à l'Océan, fit pour avoir l'eau nécessaire pour alimenter le canal. Il fit construire d'immenses réservoirs au point de partage des eaux pour recueillir celles de la montagne.

Le cultivateur doit également employer tous les moyens possibles pour se procurer l'eau nécessaire à ses terres, et l'amener dans un lieu convenable.

Supposons qu'il y ait une source à la partie supérieure de la pièce de terre.

On creuse alors sur le bord supérieur du terrain une grande rigole, un fossé, que l'on appelle *rigole d'amenée*, sur laquelle prennent naissance d'autres rigoles plus petites, transversales, dirigées dans des directions déterminées par la pente du terrain, et débouchant dans une autre grande rigole située à la partie inférieure qu'on nomme *rigole de colature*, et que nous appellerons simplement *colature*, destinée à recevoir l'eau qui s'échappe après avoir passé sur le sol et à la conduire au dehors.

Il ne faut pas que les petites rigoles transversales soient dirigées exactement suivant la pente du terrain, car l'écoulement se ferait trop rapidement, et l'eau n'aurait pas le temps de produire son effet.

Lorsque la rigole d'amenée est pleine, l'eau se *déverse* dans les rigoles transversales dont la communication avec la colature doit être interceptée pour que l'eau séjourne le temps voulu sur le sol.

Quand on juge que la terre est suffisamment mouillée, on établit la communication des rigoles transversales avec la colature, et l'eau s'écoule.

Au moyen de portes ou vannes, on arrête l'eau dans la rigole d'amenée pour la faire monter à la hauteur voulue.

Colmatage.

184. — Le *colmatage* rappelle l'irrigation. Il consiste à faire couvrir un terrain d'eau de rivière limoneuse, qu'on y laisse séjourner quelque temps, en l'y maintenant au moyen de digues. Le limon se dépose et augmente l'épaisseur de la couche arable. C'est un moyen de mettre en culture un sol naturellement stérile.

Le meilleur moment pour pratiquer le colmatage est celui de la crue des rivières, alors que les eaux sont fortement chargées de limon.

On obtient artificiellement ce qui se produit naturellement dans la vallée du Nil, où le colmatage est naturel.

Le drainage, l'irrigation et le colmatage, agissent comme des amendements. Ils changent, dans une certaine mesure, la nature du sol sur lequel on les pratique.

Questionnaire. — 181. En quoi consiste le drainage? — 182. Quels sont les travaux à exécuter dans le drainage? Qu'appelle-t-on drains? Qu'est-ce que le drain collecteur? A quoi reconnait-on qu'un terrain a besoin d'être drainé? — 183. En quoi consiste l'irrigation? Peut-on toujours irriguer quand on le désire? — 184. En quoi consiste le colmatage? A quel moment est-il préférable de pratiquer le colmatage? Où se produit en grand le colmatage naturel?

Trente-troisième leçon.

MATIÈRES FERTILISANTES

> Je sens tous les jours combien la tache de cultiver et de féconder la terre est plus satisfaisante que la vaine gloire de la ravager par des conquêtes.
>
> WASHINGTON.

185. — Pour vivre, nous devons prendre de la nourriture. Il en est de même des plantes : elles puisent cette nourriture partie dans l'air, partie dans le sol qui en fournit la plus grande quantité.

Le sol finirait par s'épuiser si on lui faisait toujours produire des récoltes sans lui rendre ce qu'il donne et même davange.

On peut réparer ces pertes continuelles avec des *engrais* et des *amendements*.

Il est parfois difficile d'établir une limite exacte entre ces deux catégories de matières fertilisantes. Mais on peut dire que les amendements proprement dits agissent sur le sol en l'améliorant, et les engrais, directement sur les plantes en les nourrissant.

Amender une terre, c'est l'améliorer en lui fournissant un élément qui lui manquait.

Ainsi, mettre de la chaux dans une terre fortement argileuse, c'est l'amender. De même, mettre de l'argile dans une terre essentiellement calcaire, c'est aussi l'amender.

Les engrais.

> Les engrais sont la base de l'agriculture. Ils sont à la terre ce que la nourriture est à l'homme.

186. — Quelque nombreuses que soient les sortes d'engrais, il en est une que l'on voit partout et toujours.

C'est le fumier que font les animaux et que l'on appelle généralement *fumier de ferme*.

Il ne suffit pas aux besoins de l'agriculture; mais c'est le premier des engrais: et si la plupart des cultivateurs n'en ont pas davantage, ni de meilleure qualité, c'est souvent leur faute.

Si les cultivateurs prenaient au sérieux le proverbe qui dit : « *Demi-fumure, demi-récolte* », je pense qu'ils agiraient souvent autrement qu'ils ne font.

Les engrais peuvent être divisés en quatre catégories :

Les engrais animaux, fournis par les matières animales;

Les engrais végétaux, fournis par les matières végétales;

Les engrais minéraux, fournis par le règne minéral;

Les engrais mixtes, qui sont composés de choses de nature différente : animale, végétale, minérale.

Le fumier.

Sans fumier, pas de bonnes terres. Avec du fumier, pas de mauvaises terres.

187. — Le *fumier* est la paille qui a servi de litière aux animaux, et qu'on retire souillée des étables et des écuries.

L'urine et les excréments des animaux font pourrir la paille donnée en litière. Un liquide noir est mélangé au fumier et s'écoule même quand il est abondant et quand le sol de l'écurie en pente : c'est le *purin*, la meilleure partie du fumier.

Depuis bien longtemps déjà, on a reconnu la valeur du purin, et pour vous le prouver, je vais vous citer les paroles mêmes de Bernard Palissy, qui écrivait il y a plus de trois siècles.

Il donnait les paroles suivantes sous forme de conseils : « *Prends garde au temps des pluies, et tu verras que les eaux qui tombent sur les fumiers emportent une teinture noire en passant par dessus, et les eaux qui passeront sur les fumiers, emporteront la teinture qui est le principal et le total de la bonne substance du fumier. En quoi alors le fumier, ainsi lavé et porté aux champs, peut-il servir, sinon de parade? Car ainsi que le poisson salé qui trempe longtemps dans l'eau perd son sel et n'a plus de saveur, ainsi les fumiers perdent leur sel.* »

Phosphates.

188. — Un *engrais minéral* très répandu dans la nature et très important pour l'agriculture, est celui qu'on désigne sous le nom de *phosphate*. En effet, c'est un *phosphate de chaux* plus ou moins mélangé d'autres matières.

Le *phosphate de chaux* constitue la majeure partie des os de l'homme et des animaux. Il est pris dans les aliments, par conséquent à la terre. Aussi chaque récolte faite sur un champ lui enlève-t-elle une certaine quantité de phosphate.

Il faut donc en restituer au sol au moyen d'engrais, sans quoi certains sols deviendraient au bout de quelque temps incapables de produire du blé. C'est pourquoi les résidus de *noir animal* provenant des raffineries de sucre forment un si bon engrais. Vous savez que le noir animal est fabriqué avec des os d'animaux, que l'on carbonise en vase clos.

Mais le sol renferme, dans certains endroits, du phosphate de chaux à l'état de pierre. Ces pierres sont recueillies, pulvérisées sous des meules; et la poudre

ainsi obtenue est vendue aux cultivateurs qui la répandent sur les champs.

Le département des Ardennes, ceux du Lot et du Tarn-et-Garonne en renferment des quantités. On en trouve aussi à Bellegarde, dans l'Ain.

Le *guano* du Pérou si justement réputé est aussi un phosphate de chaux déposé par les oiseaux.

Amendements. La chaux.

189. — Les principaux *amendements* sont la *chaux*, le *plâtre*, l'*acide sulfurique* et le *sulfate de fer*, les *cendres*, la *suie*, le *sel marin* et quelques autres sels qui l'accompagnent presque toujours, enfin la *marne*.

Dans quelques pays on emploie la chaux après l'avoir laissée se déliter, c'est-à-dire se désagréger et tomber en poussière, à l'abri des pluies, sous un hangar, par exemple.

Il n'y a plus qu'à la conduire dans les champs et l'étendre.

Mais il peut être plus pratique de la transporter, aussitôt cuite, sur le terrain à amender, en la déposant par petits tas de vingt à trente litres ou décimètres cubes, que l'on espace suivant la quantité que l'on veut employer sur une superficie donnée.

Quand la chaux est réduite en poussière par suite de son exposition à l'air, on la répand sur le sol aussi uniformément que possible.

On peut couvrir chaque tas d'un peu de terre que l'on mélange ensuite à la chaux quand celle-ci est réduite en poussière. On abandonne ce mélange pendant une semaine ou deux.

Après ce temps on le remue de nouveau, puis on le répand sur le sol, et toujours aussi uniformément que possible.

Il paraît que de cette manière la chaux est mieux en contact avec le sol et que son action est plus efficace.

La chaux doit être mise dans les sols qui manquent de calcaire, et concurremment avec des engrais.

Sans cette précaution, le terrain chaulé s'épuiserait promptement, ce qui a donné lieu au proverbe suivant :

« La chaux enrichit le père et ruine les enfants. »

Ce proverbe est vrai lorsqu'on emploie la chaux en trop grande quantité, ou bien quand on l'emploie sans fumer le sol en même temps, car la terre forcée par la chaux, produit abondamment d'abord et s'épuise vite. Mais employée concurremment avec le fumier, et en quantité convenable, elle *enrichit le père et les enfants*.

La chaux a l'avantage de faire disparaître du sol où elle est mise, certaines herbes nuisibles ou inutiles, comme le chiendent, lesquelles font place à des espèces meilleures. De plus, elle ameublit les terres argileuses et donne de la consistance à celles qui sont trop légères, à celles où le sable domine, par exemple.

Le plâtre.

190. — Le *plâtre* n'agit que sur les terrains qui en sont dépourvus ou qui n'en contiennent qu'une très petite quantité, et convient à une foule de plantes : au blé et aux autres céréales, au trèfle, à la luzerne, aux pois, aux vesces.

Il semble produire plus d'effet dans les sols humides que dans les terrains secs.

En moyenne, son effet se fait sentir pendant trois ou quatre ans, tantôt plus, tantôt moins, suivant la nature du sol et la dose employée.

Le plâtre est un bon amendement ; mais, de même que

la chaux, il ne dispense pas de fumer le sol sur lequel on le répand.

Une terre plâtrée et non fumée s'épuise rapidement.

Le plâtre s'emploie de plusieurs manières.

Quelques cultivateurs le répandent à la main, au printemps, sur les trèfles et les luzernes, de préférence après une légère pluie ou bien au moment d'une abondante rosée, affirmant que son effet est ainsi plus efficace parce qu'il se fixe sur la plante humide et favorise la végétation.

D'autres cultivateurs prétendent qu'un temps sec est préférable parce qu'alors le plâtre tombe mieux sur le sol auquel il se mélange.

Un cultivateur célèbre, originaire de Nancy, M. Dombasle, mort à Paris en 1843, a affirmé, d'après ses expériences, que le plâtre est plus favorable quand il est répandu sur le sol en même temps que la semence.

On dit que c'est l'Américain Franklin qui, le premier, a montré l'efficacité du plâtre. C'est vrai pour l'Amérique, mais peut-être pas pour notre pays, car j'ai lu quelque part que c'est pendant un voyage qu'il fit en France, que Franklin, en étudiant les améliorations de toutes sortes apportées à la terre, eut l'occasion d'admirer les bons effets du plâtre sur les prairies, et qu'il résolut d'introduire dans son pays ce moyen de fertilisation.

Franklin, pour convaincre ses compatriotes de ce qu'il avançait, avait répandu dans un champ de luzerne, du plâtre en poudre, de manière à former des lettres, et, au bout de quelques semaines, la végétation étant plus vigoureuse dans les endroits plâtrés, on pouvait lire ces mots : « *Ceci a été plâtré.* »

Et l'efficacité du plâtre fut ainsi démontrée aux Américains.

Franklin savait que l'exemple qui frappe les yeux est plus efficace que les conseils écrits dans les livres.

Les cendres.

191. — Vous savez tous qu'on appelle *cendres* ce qui reste dans le foyer quand tout le bois est brûlé.

Les cendres sont le résidu de la combustion des substances organiques ou minérales employées au chauffage.

Elles n'ont pas toutes la même composition, mais toutes sont propres à activer la végétation des prairies naturelles ou artificielles, comme celles des céréales.

Elles conviennent tout particulièrement aux terres de bruyère, aux terres froides, argileuses et tourbeuses, donnent de la qualité aux herbes, et passent pour faire disparaître le *turc* ou ver blanc, ce maudit ver qui ravage tout dans le sol qu'il habite et qui se change ensuite en hanneton, pour dévorer encore nos arbres fruitiers.

On appelle *cendres neuves* les cendres telles qu'on les retire du foyer, à l'état naturel.

Les *cendres lessivées* sont celles qui ont servi à la lessive.

Les meilleures cendres de bois sont celles de chêne, de hêtre, de bois de vigne, d'orme, de frêne, d'érable; puis celles des pins et des sapins. Enfin les cendres inférieures sont fournies par l'aulne, le tremble, le peuplier, le saule, et tous les bois blancs en général.

Les *charrées* ou cendres ayant servi à faire la lessive ont plus de valeur lorsqu'elles ont séjourné quelque temps en tas.

Avant d'en avoir fait l'expérience, on se figurait que l'eau leur avait enlevé leurs principes fertilisants; mais il n'en est rien, la pratique a démontré le contraire.

Les cendres de tourbe ont aussi une certaine valeur

quand elles proviennent d'une tourbe d'assez bonne qualité, c'est-à-dire peu terreuse.

On les emploie principalement pour les prairies artificielles, à la dose de quarante à cinquante hectolitres par hectare.

Cendres sulfureuses.

192. — Dans certaines régions de la France, on trouve dans la terre cette espèce de bois fossile, que l'on nomme *lignite*.

Mais quelquefois ce lignite est très divisé et mélangé de matières étrangères, notamment de soufre et de fer. On le désigne alors sous le nom de *cendres sulfureuses*.

Ces cendres sulfureuses sont surtout efficaces dans les prairies artificielles.

Après les avoir mélangées avec du sable, on les répand dans les vignes, notamment en Champagne, aux environs de Reims et d'Épernay, où elles sont abondantes, et où elles ne coûtent que le prix du transport.

Encore les trouve-t-on souvent à côté des vignes et sous le sol même où les vignes sont plantées. Il n'y a alors qu'à creuser pour les extraire du champ même où l'on veut les utiliser.

La suie.

193. — Après les cendres, la *suie*.

La suie est la matière noire qui se dépose sur les parois des cheminées. Elle a beaucoup d'analogie avec la cendre.

On peut la répandre sur les trèfles et les froments, à la dose de quinze à vingt hectolitres par hectare. En Flandre, le pays par excellence de l'agriculture française, on en met jusqu'à cinquante hectolitres à l'hectare. On la répand par un temps pluvieux, mais calme.

Le sel marin ou sel de cuisine.

194. — Vous connaissez tous l'utilité du sel, pour la cuisine.

Il donne de la saveur à nombre d'aliments qui, sans lui, seraient insipides et désagréables.

Mais le sel est encore utile en agriculture où il peut rendre d'immenses services comme amendement.

Il y a, en Normandie, des pâturages qui portent le nom de *prés-salés*, où les fourrages sont abondants, et de si bonne qualité que les animaux qui s'en nourrissent engraissent facilement et ont une chair très estimée.

Tout le monde connaît la renommée des moutons de *pré-salé*.

Il faut être très prudent dans l'emploi de cette matière qui ne convient pas à tous les sols, et en mettre une plus grande quantité dans une terre humide et froide que dans une terre sèche et chaude.

Trois cents kilogrammes par hectare suffisent pour les pommes de terre, deux cent cinquante pour le lin et cent cinquante à deux cents pour les fourrages.

Le sel convient aux prairies et en fait disparaître la mousse.

A côté du sel marin peuvent se placer quelques autres *amendements marins*, tels que l'*azotate de potasse* et de *soude*, le *sulfate de soude*, etc.

Les marnes.

195. — Un amendement très répandu est celui que l'on désigne sous le nom général de *marne*.

La *marne* est un mélange de calcaire et d'argile. Elle peut renfermer du sable, du plâtre ou d'autres substances, mais c'est toujours un mélange de calcaire et d'argile.

Les marnes sont communes et de différentes couleurs.

On peut les diviser d'après les éléments qui les constituent, en trois catégories :

1° La *marne calcaire*, où le calcaire domine ;

2° La *marne argileuse*, où l'argile domine ;

3° La *marne sableuse*, dans laquelle il entre beaucoup de sable avec l'argile et le calcaire.

Elles conviennent à toutes les espèces de *sols*, suivant leur nature.

On les extrait de la terre soit à ciel ouvert soit par un puits ; on les conduit sur le terrain à amender au commencement de l'hiver. Les gelées les font se déliter, c'est-à-dire se réduire en poussière ; puis on les répand sur le sol avec une pelle.

Le sable pur, l'argile pure et le calcaire pur peuvent aussi être employés comme amendements pourvu qu'on mette chacune de ces matières dans un sol qui en manque.

Les marnes se rencontrent souvent sous le sol auquel on les ajoute.

La tangue et le merl.

196. — A la marne il convient d'ajouter la *tangue* et le *merl*.

La *tangue* est une vase qu'on retire de la mer et qui est en grande partie composée de sable renfermant beaucoup de calcaire.

On l'emploie surtout sur les côtes de la Normandie et de la Bretagne où elle remplace la marne.

Le *merl* est aussi une substance fortement calcaire, que l'on retire du fond de la mer, à marée basse, en été, sur le littoral de la Bretagne.

Le *merl*, qu'on nomme aussi *mearl*, est généralement plus chargé de calcaire que la *tangue* ; puis il ne se pré-

sente plus sous l'aspect de sable ou de vase, mais sous celui de concrétions dures, aux formes irrégulières.

Vous voyez qu'on a raison de dire que : *Rien ne se perd dans la nature.*

Une chose ne cesse pas d'exister quand même elle revêt une forme différente de celle qu'elle avait auparavant.

Nous en avons fini avec les matières fertilisantes qui nous permettent d'augmenter nos récoltes sans épuiser le sol, et même tout en l'améliorant.

Puissent ces *leçons de choses* être un *engrais* et un *amendement* pour votre esprit, rendre plus fécondes les heures que vous passerez sur les bancs du collège ou du lycée, et vous porter à observer les choses de la nature, pour faire de vous des hommes utiles à notre chère patrie et à l'humanité tout entière!

Questionnaire. — 185. Qu'appelle-t-on matières fertilisantes? Comment peut-on diviser les matières fertilisantes? — 186. Comment peut-on diviser les engrais? — 187. Qu'est-ce que le fumier? Que dit Bernard Palissy à propos du purin? — 188. Parlez des phosphates. — 189. Que savez-vous de la chaux comme amendement? Quel proverbe connaissez-vous à propos de la chaux? — 190. Comment peut-on employer le plâtre en agriculture? Qu'a fait l'Américain Franklin avec le plâtre? — 191. Sous combien de formes peut-on employer les cendres comme amendement? — 192. Que savez-vous des cendres sulfureuses? — 193. Sur quelles récoltes emploie-t-on la suie? — 194. Que savez-vous du sel commun comme amendement? — 195. Qu'est-ce que la marne? Comment peut-on diviser les marnes? Comment emploie-t-on la marne? — 196. Que savez-vous de la tangue et du merl?

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

MATÉRIAUX EMPLOYÉS DANS LA CONSTRUCTION LEUR PROVENANCE. - LEURS USAGES

PREMIÈRE LEÇON

DEUXIÈME LEÇON

TROISIÈME LEÇON

QUATRIÈME LEÇON

CINQUIÈME LEÇON

SIXIÈME LEÇON

SEPTIÈME LEÇON

DEUXIÈME PARTIE

L'AIR

HUITIÈME LEÇON

NEUVIÈME LEÇON

DIXIÈME LEÇON

ONZIÈME LEÇON

DOUZIÈME LEÇON

TREIZIÈME LEÇON

TROISIÈME PARTIE

L'EAU

QUATORZIÈME LEÇON

QUINZIÈME LEÇON

SEIZIÈME LEÇON

DIX-SEPTIÈME LEÇON

DIX-HUITIÈME LEÇON

DIX-NEUVIÈME LEÇON

VINGTIÈME LEÇON

VINGT-ET-UNIÈME LEÇON

VINGT-DEUXIÈME LEÇON

VINGT-TROISIÈME LEÇON

QUATRIÈME PARTIE

TERRAINS. — VOLCANS

VINGT-QUATRIÈME LEÇON

VINGT-CINQUIÈME LEÇON

VINGT-SIXIÈME LEÇON

VINGT-SEPTIÈME LEÇON

VINGT-HUITIÈME LEÇON

VINGT-NEUVIÈME LEÇON

TRENTIÈME LEÇON

TRENTE ET UNIÈME LEÇON

TRENTE-DEUXIÈME LEÇON

TRENTE-TROISIÈME LEÇON

COURS D'HISTOIRE

Histoire générale, par E. DRIAULT, professeur au Lycée de Versailles, ancien professeur d'École normale et G. MONOD, de l'Institut.

Histoire moderne (*1453-1789*), avec un résumé d'*Histoire ancienne et du moyen âge*. 1 vol. in-12, avec 75 gravures et cartes dans le texte, 5e édit. Cartonné à l'anglaise. 2 fr. 50

Histoire contemporaine (*1789-1898*). 1 vol. in-12, avec 80 grav. et 25 cartes dans le texte. 5e édit. Cartonné à l'anglaise. 3 fr. 50

Histoire de France, publiée sous la direction de G. MONOD, par E. DRIAULT et J. FÈVRE, prof. à l'École norm. de Dijon. 2e édit. 1 vol. in-12, avec *sommaires*, *tableaux synoptiques*, *questions d'examens*, *sujets de devoirs*, *lectures* et 75 cart et grav. dans le texte, cartonné. . . . . 2 fr. 80

Récits et biographies historiques, par DHOMBRES et G. MONOD. In-12, 8e édit., cartonné. . . . . 3 fr.

Première partie : *Histoire ancienne, grecque et romaine*. In-12, cartonné. . . . . 1 fr.

Deuxième partie : *Histoire du moyen âge et histoire moderne*. In-12, cartonné. . . . . 2 fr.

COURS DE MATHÉMATIQUES

Par P. PORCHON, ancien élève de l'École normale supérieure, professeur honoraire de mathématiques au lycée de Versailles.

Cours élémentaire d'arithmétique pratique. 1 vol. in-12, avec figures dans le texte, problèmes et exercices; 12e édition; cartonné. . . . . 2 fr.

Éléments d'arithmétique, avec de nombreux exercices. 1 vol. in-12; 19e édition; cartonné. . . . . 2 fr.

Éléments de géométrie. 1 vol. in-12; 11e édition; cart. 3 fr. 50

Éléments d'algèbre. 1 vol. in-12, avec figures et de nombreux exercices; 13e édition; cartonné. . . . . 2 fr. 50

Abrégé de Trigonométrie. 1 vol. in-12, 2e édition; cart. 1 fr. 50

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Deuxième et troisième années : **Cours élémentaire de botanique**, par E. BELZUNG, professeur au lycée Charlemagne, docteur ès sciences. 1 vol. in-12, avec 364 gravures ; 3e édit. ; cartonné. . . . . 2 fr. »

Deuxième et troisième années : **Cours élémentaire de zoologie**, par *le même*. 1 vol. in-12, avec 378 grav. ; 11e édition ; cartonné. . . . . 2 fr. »

Troisième année : **Cours élémentaire de géologie**, par *le même*. 1 vol. in-12, avec 279 gravures et une carte hors texte. 4e édition. . . . . 2 fr. 50

Notions de zoologie, par Mlle S. N. DE MONTILLE, agrégée pour l'enseignement secondaire des jeunes filles. 3e édition. 1 vol. in-12, avec 333 gravures dans le texte ; cartonné. . . 2 fr. 50

Notions de Botanique, par *la même*. 2e édition. 1 vol. in-12, avec 345 gravures, cartonné. . . . . 2 fr. 50

PHILOSOPHIE, PÉDAGOGIE, MORALE

Deuxième et troisième années : **Éléments de philosophie scientifique et morale**, suivis de sujets de dissertations, par P.-F. THOMAS, professeur au lycée de Versailles, docteur ès lettres. 1 vol. in-8, 3e édition, broché, 3 fr. ; cartonné. 4 fr. »

La Dissertation pédagogique, *aux examens et concours de l'enseignement primaire et de l'enseignement primaire supérieur*. Choix de sujets portant sur toutes les matières inscrites aux programmes et formant un résumé complet de pédagogie, par *le même*. 1 vol. in-8 ; broché. . . . . 4 fr. »

Éléments de morale, par *le même*. 1 vol. in-12, avec *sommaires, lectures, questionnaires et exercices*, cartonné . . . . 2 fr. »

VIENNENT DE PARAITRE :

Cours d'Algèbre, à l'usage des écoles primaires supérieures et des candidats aux écoles nationales d'arts et métiers, par P. ROLLET, professeur à l'école d'arts et métiers de Chalons, et E. FOUBERT, professeur à l'école primaire supérieure de Lille. **3e édition. 1 vol. in-12, avec fig., cartonné. . . . . 3 fr. »**

Cours d'arithmétique (mêmes usages), par *les mêmes*. 1 vol. in-12, **avec fig., cartonné. . . . . 3 fr. »**

BIBLIOTHÈQUE UTILE

Chaque volume broché, 60 cent.; cartonné, 1 franc. Franco par poste.

1. **Morand**. Introduction à l'étude des sciences physiques. 6e éd.
2. **Cruveilhier**. Hygiène générale. 9e édit.
3. **Corbon**. De l'enseignement professionnel. 4e édit.
4. **L. Pichat**. L'art et les artistes en France. 5e édit.
5. **Buchez**. Les Mérovingiens. 6e éd.
6. **Buchez**. Les Carlovingiens. 2e éd.
7. **F. Morin**. La France au moyen âge. 5e édit.
8. **Bastide**. Luttes religieuses des premiers siècles. 5e édit.
9. **Bastide**. Les guerres de la Réforme. 5e édit.
10. **Pelletan**. Décadence de la monarchie française. 5e édit.
11. **Brothier**. Histoire de la terre. 8e éd.
12. **Bouant**. Les principaux faits de la chimie (avec fig.).
13. **Turck**. Médecine populaire. 6e édit.
14. **Morin**. La loi civile en France. 5e édit.
15. (*Épuisé.*)
16. **Ott**. L'Inde et la Chine. 3e édit.
17. **Catalan**. Notions d'astronomie. 6e édit.
18. **Cristal**. Les délassements du travail. 4e édit.
19. **V. Meunier**. Philosophie zoologique. 3e édit.
20. **J. Jourdan**. La justice criminelle en France. 4e édit.
21. **Ch. Rolland**. Histoire de la maison d'Autriche. 4e édit.
22. **Eug. Despois**. Révolution d'Angleterre. 4e édit.
23. **B. Gastineau**. Les génies de la science et de l'industrie. 2e éd.
24. **Leneveux**. Le budget du foyer. Economie domestique. 3e édit.
25. **L. Combes**. La Grèce ancienne. 4e édit.
26. **F. Lock**. Histoire de la Restauration. 5e édit.
27. **Brothier**. Histoire populaire de la philosophie. (*Epuisé.*)
28. **Elie Margollé**. Les phénomènes de la mer. 7e édit.
29. **L. Collas**. Histoire de l'empire ottoman. 3e édit.
30. **F. Zurcher**. Les phénomènes de l'atmosphère. 7e édit.
31. **E. Raymond**. L'Espagne et le Portugal. 3e édit.
32. **Eugène Noël**. Voltaire et Rousseau. 4e édit.
33. **A. Ott**. L'Asie occidentale et l'Egypte. 3e édit.
34. **Ch. Richard**. Origine et fin des mondes. (*Épuisé.*)
35. **Enfantin**. La vie éternelle. 5e éd.
36. **Brothier**. Causeries sur la mécanique. 5e édit.
37. **Alfred Doneaud**. Histoire de la marine française. 4e édit.
38. **F. Lock**. Jeanne d'Arc. 3e édit.

39-40. **Carnot**. Révolution française, 2 vol. 7e édit.

41. **Zurcher et Margollé**. Télescope et microscope. 2e édit.
42. **Blerzy**. Torrents, fleuves et canaux de la France. 3e édit.
43. **Secchi, Wolf, Briot et Delaunay**. Le soleil et les étoiles. 5e édit.
44. **Stanley Jevons**. L'économie politique. 9e édit.
45. **Ferrière**. Le darwinisme. 8e éd.
46. **Leneveux**. Paris municipal. 2e édit.
47. **Boillot**. Les entretiens de Fontenelle sur la pluralité des mondes.
48. **Zevort (Edg.)**. Histoire de Louis-Philippe. 4e édit.
49. **Geikie**. Géographie physique (avec fig.). 4e édit.
50. **Zaborowski**. L'origine du langage. 5e édit.
51. **H. Blerzy**. Les colonies anglaises.
52. **Albert Lévy**. Histoire de l'air (avec fig.). 4e édit.
53. **Geikie**. La géologie (avec fig.). 4e édit.
54. **Zaborowski**. Les migrations des animaux. 3e édit.
55. **F. Paulhan**. La physiologie de l'esprit. 5e édit.
56. **Zurcher et Margollé**. Les phénomènes célestes. 3e édit.
57. **Girard de Rialle**. Les peuples de l'Afrique et de l'Amérique. 2e éd.
58. **Jacques Bertillon**. La statistique humaine de la France.

59. **Paul Gaffarel**. La défense nationale en 1792. 2e édit.
60. **Herbert Spencer**. De l'éducation. 8e édit.
61. **Jules Barni**. Napoléon Ier. 3e édit.
62. **Huxley**. Premières notions sur les sciences. 4e édit.
63. **P. Bondois**. L'Europe contemporaine (1789-1879). 2e édit.
64. **Grove**. Continents et océans. 3e éd.
65. **Jouan**. Les îles du Pacifique.
66. **Robinet**. La philosophie positive. 4e édit.
67. **Renard**. L'homme est-il libre? 5e édit.
68. **Zaborowski**. Les grands singes.
69. **Hatin**. Le Journal.
70. **Girard de Rialle**. Les peuples de l'Asie et de l'Europe.
71. **Doneaud**. Histoire contemporaine de la Prusse. 2e édit.
72. **Dufour**. Petit dictionnaire des falsifications. 4e édit.
73. **Henneguy**. Histoire de l'Italie depuis 1815.
74. **Leneveux**. Le travail manuel en France. 2e édit.
75. **Jouan**. La chasse et la pêche des animaux marins.
76. **Regnard**. Histoire contemporaine de l'Angleterre.
77. **Bouant**. Hist. de l'eau (avec fig.).
78. **Jourdy**. Le patriotisme à l'école.
79. **Mongredien**. Le libre-échange en Angleterre.
80. **Creighton**. Histoire romaine (avec fig.)
81-82. **P. Bondois**. Mœurs et institutions de la France. 2 vol. 2e éd.
83. **Zaborowski**. Les mondes disparus (avec fig.). 3e édit.
84. **Debidour**. Histoire des rapports de l'Eglise et de l'Etat en France (1789-1871). Abrégé par Dubois et Sarthou.
85. **H. Beauregard**. Zoologie générale (avec fig.).
86. **Wilkins**. L'antiquité romaine (avec fig.). 2e édit.
87. **Maigne**. Les mines de la France et de ses colonies.
88. **Broquère**. Médecine des accidents.
89. **E. Amigues**. A travers le ciel.
90. **H. Gossin**. La machine à vapeur (avec fig.).
91. **Gaffarel**. Les frontières françaises. 2e édit.
92. **Dallet**. La navigation aérienne (avec fig.).
93. **Collier**. Premiers principes des beaux-arts (avec fig.).
94. **A. Larbalétrier**. L'agriculture française (avec fig.).
95. **Gossin**. La photographie (fig.).
96. **F. Genevoix**. Les matières premières.
97. **Monin**. Les maladies épidémiques (avec fig.).
98. **Faque**. L'Indo-Chine française.
99. **Petit**. Economie rurale et agricole.
100. **Mahaffy**. L'antiquité grecque (avec fig.).
101. **Bère**. Hist. de l'armée française.
102. **F. Genevoix**. Les procédés industriels.
103. **Quesnel**. Histoire de la conquête de l'Algérie.
104. **A. Coste**. Richesse et bonheur.
105. **Joyeux**. L'Afrique française (avec fig.).
106. **G. Mayer**. Les chemins de fer (avec fig.).
107. **Ad. Coste**. Alcoolisme ou Epargne. 4e édit.
108. **Ch. de Larivière**. Les origines de la guerre de 1870.
109. **Gérardin**. Botanique générale (avec fig.).
110. **D. Bellet**. Les grands ports maritimes de commerce (avec fig.).
111. **H. Coupin**. La vie dans les mers (avec fig.).
112. **A. Larbalétrier**. Les plantes d'appartement (avec fig.).
113. **A. Milhaud**. Madagascar. 2e éd.
114. **Sérieux et Mathieu**. L'Alcool et l'alcoolisme. 2e édit.
115. **Dr J. Laumonier**. L'hygiène de la cuisine.
116. **Adrien Berget**. La viticulture nouvelle. 2e éd.
117. **A. Acloque**. Les insectes nuisibles (avec fig.).
118. **G. Meunier**. Histoire de la littérature française. 2e éd.
119. **P. Merklen**. La Tuberculose; son traitement hygiénique.
120. **G. Meunier**. Histoire de l'art (avec fig.).
121. **Larrivé**. L'assistance publique.
122. **Adrien Berget**. La pratique des vins.
123. **A. Berget**. Les vins de France. (*Guide du consommateur.*)
124. **Vaillant**. Petite chimie de l'agriculteur.
125. **S. Zaborowski**. L'homme préhistorique. 7e édit.

20-04. — Coulommiers. Imp. Paul BRODARD — 6-04.

